



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

PAULO RICARDO CAVALCANTE DE LIMA

TIPO DE CLIMA ANUAL PARA CAMPINA GRANDE E AREIA:
VARIABILIDADE E TIPOLOGIA

JOÃO PESSOA-PB

Setembro/2019

PAULO RICARDO CAVALCANTE DE LIMA

TIPO DE CLIMA ANUAL PARA CAMPINA GRANDE E AREIA:
VARIABILIDADE E TIPOLOGIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal da Paraíba – UFPB, como
requisito para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Daisy Beserra Lucena

JOÃO PESSOA-PB

Setembro/2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732t Lima, Paulo Ricardo Cavalcante de.
Tipo de Clima Anual para Campina Grande e Areia:
Variabilidade e Tipologia / Paulo Ricardo Cavalcante de
Lima. - João Pessoa, 2019.
67 f. : il.

Orientação: Daisy Beserra Lucena.
TCC (Especialização) - UFPB/CT.

1. Classificações climáticas. 2. Köppen. 3.
Thornthwaite. 4. Semiárido. 5. TCA. I. Lucena, Daisy
Beserra. II. Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

PAULO RICARDO CAVALCANTE DE LIMA

TIPO DE CLIMA ANUAL PARA CAMPINA GRANDE E AREIA: VARIABILIDADE E TIPOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 26/09/2019 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Daisy Beserra Lucena

Daisy Beserra Lucena
Departamento de Geociências do CCEN/UFPB

APROVADO

(Aprovado/Reprovado)

Hamilcar José Almeida Filgueira

Hamilcar José Almeida Filgueira
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

(Aprovado/Reprovado)

Bartolomeu I. de Souza

Bartolomeu Israel de Souza
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

(Aprovado/Reprovado)

Elisângela M. R. Rocha

Profa. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Elisângela M. R. Rocha
Coordenadora de Eng. Ambiental
CT/UFPB – Mat. 1821373

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e da salvação, por todas as pessoas que colocou em meu caminho, pela paz, pelas bênçãos que me proporciona diariamente e pela capacidade de realizar este trabalho.

Aos meus amados pais, Ricardo Cavalcante de Lima e Enilza Ferreira de Lima, que sempre me proporcionaram, com muito trabalho e amor, o conforto necessário e as oportunidades de ter uma educação completa, quais eu sempre serei grato. Ao meu irmão Matheus Henrique e minha tia Edilza Ferreira de Santana por todo apoio enquanto estive longe de casa.

À minha namorada Maria Eduarda Pires Lima, por toda a paciência, ajuda, amor e carinho que me oferece, me proporcionando segurança e apoio para superar os obstáculos durante toda a graduação e ao realizar este trabalho. Amo você demais.

À minha grande amiga Amanda Ribeiro de Andrade, companheira de caminhada e de dedicação e a todos os meus amigos de graduação, em especial Andressa Aragão, Amanda Queiroga, Jaqueline Vicente, João Victor, Cristiele Arcanjo e Daniel Peixoto. Vocês são muito importantes para mim!

À Profª Drª Camila Cunico e Lucas Barbosa pelo apoio a este trabalho.

À minha orientadora, Profª Daisy Beserra Lucena, por me introduzir à pesquisa acadêmica e pela disponibilidade em me orientar neste trabalho, sempre se dedicando ao máximo à família e ao trabalho. Que a senhora saiba que além de um profissional que forma, existirá sempre um aluno que a admirará como professora e mãe.

À Banca Examinadora, Prof. Dr. Hamilcar Filgueira e Prof. Dr. Bartolomeu de Souza por colaborar com este trabalho.

À Universidade Federal da Paraíba, que me permitiu alcançar o Ensino Superior através de todo o conhecimento profissional e pessoal que proporcionou.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, o meu muito obrigado.

RESUMO

Entender o clima de uma região é fundamental para subsidiar processos de tomada de decisão pela gestão pública e providenciar ferramentas de desenvolvimento regional e de atividades econômicas ligadas ao campo como, por exemplo, a agropecuária e a agricultura familiar, importantes fatores que viabilizam, com algum sucesso, a sobrevivência na região mais seca do país: o Semiárido. O Semiárido Brasileiro apresenta características climáticas marcantes e apresenta bastante variabilidade tanto temporal quanto espacial, principalmente devido a sua extensão que abrange dez estados brasileiros. A característica estática dos métodos clássicos de classificação climática sofre duras críticas quanto aos resultados mais abrangentes, gerais, e, menos detalhados. Contudo, os métodos mais recentes que promovem uma climatologia mais dinâmica são alvos da falta de dados acessíveis, concisos, em séries prolongadas e em escalas, no máximo, diárias. Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi analisar, no período de 1994 a 2018, para os municípios de Areia e Campina Grande, ambos localizados no estado da Paraíba, o Tipo de Clima Anual (TCA), que é uma aplicação de uma técnica que utiliza métodos clássicos de classificação climatológica, contudo, de forma um pouco mais dinâmica para entender as características climáticas em escala anual. Além disso, foi analisada a variabilidade interanual das variáveis precipitação e temperatura para os 25 anos da série e para a Normal Climatológica de 1981 a 2010. Ademais, foram avaliados os critérios da inserção de municípios na nova delimitação do semiárido relacionados à quantidade de precipitação e índice de aridez. A base de Sistemas de Classificação Climática utilizada foi o sistema de Köppen-Geiger e o de Thornthwaite. Os resultados encontrados apontaram que, apesar da proximidade entre eles, os municípios de Areia e Campina Grande têm índices pluviométricos muito distintos, todavia suas distribuições têm comportamento semelhante. O município de Areia tem precipitação anual média de 1317,6 mm, o que a torna 70% mais úmida que Campina Grande (774,0 mm), porém com amplitude térmica semelhantes e médias de 22,5°C e 23,5°C, respectivamente. O TCA para Areia apresenta mais variações de clima que para Campina Grande, isso para os dois tipos de Classificações Climáticas utilizadas, e não correspondem necessariamente ao clima habitual para as localidades, sendo mais visível no método de Thornthwaite. O tipo climático habitual por Thornthwaite para Areia é $B_{1r}B'_{4b'_{4e}}$ para Campina $C_{1d}A'a'$, sendo por Köppen As' para as duas localidades. Por fim, a análise dos critérios de inserção na delimitação mostrou que Campina Grande está apta a compor o semiárido, ao contrário de Areia. Ainda se levanta uma reflexão quanto ao índice de aridez utilizado para a classificação.

Palavras-chave: Classificações climáticas. Köppen. Thornthwaite. Semiárido, TCA.

ABSTRACT

Understanding the climate of a region is essential to support decision-making processes by public management and provide tools for regional development and economic activities linked to the field, such as agriculture and family farming, important factors that make possible, with some success, survival in the driest region of the country: the Semiarid. The Brazilian Semiarid has remarkable climatic characteristics and presents a great variability both temporal and spatial, mainly due to its extension that covers ten Brazilian states. The static characteristic of classical climate classification methods is sharply criticized for the broader, more general, and less detailed results. However, the latest methods that promote more dynamic climatology are subject to a lack of accessible, concise data on extended series and, at most, daily scales. Given the above, the main objective of this work was to analyze, from 1994 to 2018, for the municipalities of Areia and Campina Grande, both located in the state of Paraíba, the Annual Climate Type (ACT), which is an application of a technique that uses classical methods of climatological classification, however, in a slightly more dynamic way to understand climate characteristics on an annual scale. In addition, the interannual variability of the precipitation and temperature variables for the 25 years of the series and for the Climatological Normal from 1981 to 2010 was analyzed. Moreover, the criteria for the insertion of municipalities in the new delimitation of the semiarid related to the amount of precipitation and aridity index. The basis of Climate Classification Systems used was those of Köppen-Geiger and Thornthwaite. The results showed that, despite the proximity between them, the municipalities of Areia and Campina Grande have very different rainfall, but their distributions have similar behavior. The city of Areia has an average annual rainfall of 1317.6 mm, which makes it 70% wetter than Campina Grande (774.0 mm), but with similar temperature ranges and averages of 22.5 ° C and 23.5 °. C, respectively. The ACT for Areia presents more climate variations than for Campina Grande, this for the two types of Climate Classifications used, and do not necessarily correspond to the usual climate for cities, being more visible in the Thornthwaite method. Thornthwaite's usual climate type for Areia is B_{1r}B'_{4b}'₄ and for Campina Grande, C_{1d}A'a', being for Köppen As' for both locations. Finally, the analysis of the insertion criteria in the delimitation showed that Campina Grande is able to compose the semiarid, unlike Areia. There is still a reflection on the aridity index used for the classification.

Keywords: Climate classifications. Köppen. Thornthwaite. Semiarid, ACT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delimitação atual do semiárido brasileiro.	18
Figura 2 – Fluxograma das etapas realizadas.	25
Figura 3 – Mapa de localização dos municípios de Campina Grande e Areia, PB.	26
Figura 4 – Distribuição da precipitação nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande para a normal climatológica de 1981 – 2010.	37
Figura 5 – Distribuição da temperatura nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande para a normal climatológica de 1981 – 2010.	38
Figura 6 – Distribuição da precipitação nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande para a normal provisória de 1994 – 2018.	39
Figura 7 – Distribuição da temperatura nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande para a normal provisória de 1994 – 2018.	42
Figura 8 – Distribuição interanual da precipitação nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande no período de 1994 – 2018.	43
Figura 9 – Distribuição interanual da temperatura média nos municípios de Areia e Campina Grande no período de 1994 – 2018.	44
Figura 10 – Tipo de Clima Anual pelo método de Köppen para os municípios de a) Areia e b) Campina Grande no período de 1994 a 2018.	45
Figura 11 – Tipo de Clima Anual pelo método de Köppen para os municípios de a) Areia e b) Campina Grande no período de 1994 a 2018.	49
Figura 12 – Índice de aridez para Areia e Campina Grande no período de 1994 a 2018.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de municípios que compõem o semiárido brasileiro	17
Tabela 2 – Relação de dados de temperaturas mensais para ao período de 1994 a 2018.....	30
Tabela 3 – Critérios do sistema de classificação de Köppen.....	32
Tabela 4 – Grandes áreas e tipos climáticos.....	33
Tabela 5 – Primeira chave da classificação de Thornthwaite.....	34
Tabela 6 – Segunda chave da classificação de Thornthwaite.....	34
Tabela 7 – Terceira chave da classificação de Thornthwaite.	35
Tabela 8 – Quarta chave da classificação de Thornthwaite.	35
Tabela 9 – Concentração da distribuição da precipitação por estações do ano em Areia – PB.	40
Tabela 10 – Concentração da distribuição da precipitação por estações do ano em Campina Grande – PB.....	41
Tabela 11 – Frequência de TCA para o município de Areia – PB.	47
Tabela 12 – Frequência de TCA para o município de Campina Grande – PB.....	48
Tabela 13 – Classificação climática com base no índice de aridez.	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ATSM – Anomalias de Temperaturas da Superfície do Mar
BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CAD – Capacidade de Água Disponível
CONDEL – Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
Def – Deficiência hídrica anual
ENOS – El Niño – Oscilação Sul
ETp – Evapotranspiração Potencial
Exc – Excedente hídrico anual
FNE – Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
GT-2014 – Grupo de Trabalho
GTI – Grupo de Trabalho Interministerial
Ia – Índice de aridez
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET – Índice de Eficiência Térmica
Ih – Índice hídrico
Iu – Índice de umidade
MI – Ministério da Integração Nacional
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NEB – Região Nordeste do Brasil
OMM – Organização Meteorológica Mundial
REGIC – Região de Influência das Cidades
SAB –Semiárido brasileiro
SCC – Sistema de Classificação Climática
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TCA – Tipo de Clima Anual

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1. Histórico da delimitação do Semiárido	15
3.2. Características do Semiárido e da Paraíba nesse contexto	19
3.3. Sistemas de Classificação Climática	20
3.4. A Classificação de Köppen-Geiger	21
3.5. A Classificação de Thornthwaite.....	22
3.6. Abordagens dos sistemas de classificação climática	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1. Área de Estudo	25
4.1.1. Caracterização do município de Areia.....	26
4.1.2. Caracterização do município de Campina Grande	28
4.2. Dados	29
4.3. O <i>Software</i> Estima_T	30
4.4. Classificação de Köppen	31
4.5. Classificação de Thornthwaite	34
4.6. Tipo de Clima Anual	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1. Distribuição da precipitação e temperatura da Normal Climatológica (1981 – 2010)..	37
5.2. Distribuição da precipitação e temperatura para o período de 1994 – 2018	39
5.3. Tipo de Clima Anual pela a Classificação Köppen-Geiger.....	45
5.4. Tipo de Clima Anual pela Classificação de Thornthwaite	46
5.5. Análises sobre os critérios de delimitação do Semiárido	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
7. REFERÊNCIAS	55
APÊNDICES	64
APÊNDICE I: Variabilidade mensal da precipitação em de Areia (1994-2018).....	65
APÊNDICE II: Variabilidade mensal da precipitação em Campina Grande (1994-2018).	66
APÊNDICE III: Tipo de Clima Anual pelo método de Thornthwaite para os municípios de a) Areia e b) Campina Grande no período de 1994 a 2018.	67

1. INTRODUÇÃO

A partir do século XX, a necessidade de compreender os diversos tipos de clima ao redor do mundo se tornou tema de inúmeras pesquisas que buscavam formular métodos de classificação do clima a partir de elementos e fatores climáticos. Como resultado, foram desenvolvidos sistemas capazes de compilar características climáticas em categorias que são utilizados até hoje no desenvolvimento de técnicas e estudos relacionados, principalmente, ao meio ambiente.

Atualmente, a discussão em relação aos estudos climáticos está pautada sobre a climatologia clássica, como os métodos de Köppen-Geiger, Thornthwaite e Flöhn (CUNHA e VECHIA, 2007; DUBREIUL et al., 2018b). As principais críticas advêm de o fato dos elementos climáticos serem abordados de forma desassociada e, em muitos casos, analisados isoladamente, bem como o fato de utilizarem médias de variáveis climáticas, proporcionando assim um resultado reducionista e que não exprime as complexidades do clima.

Por outro lado, a outra vertente conhecida como a climatologia dinâmica busca relacionar e analisar de forma integrada as diversas variáveis climatológicas, a fim de se compreender os aspectos reais do clima, como na técnica da análise rítmica (Monteiro 1968, 1971 e 2015) onde a sucessão de tipos de tempos¹ é analisada e a escala máxima utilizada é a diária. Todavia, o grande paradigma da climatologia, especialmente no Brasil, é a dificuldade de obtenção dos dados de variáveis climatológicas de forma contínua e coesa, especialmente dados diários e horários, o que é impraticável para determinadas localidades como algumas cidades do Nordeste.

Muitos autores, portanto, têm tentado corrigir este aspecto estático da climatologia clássica reaplicando antigos modelos, como o de Köppen-Geiger, não para a média dos anos, mas para cada ano da série, através da técnica do Tipo de Clima Anual. No Brasil, os primeiros estudos foram realizados por Dubreiul et al. (2018a, 2018b), em larga escala, usando o Tipo de Clima Anual que evidenciaram, na região do Semiárido, uma tendência de aumento e intensificação das regiões áridas.

¹ Segundo o INMET, tempo é o estado da atmosfera que ocorre em determinado momento numa localidade. Já o clima é definido, de acordo com a OMM, como a condição média do tempo em uma localidade num intervalo mínimo de 30 anos.

A região mais árida do país passou por diversas alterações de delimitação espacial ao longo do tempo, fato este que acontece, principalmente, até a oficialização do Semiárido Brasileiro em 1989, substituindo o chamado Polígono das Secas, e com acréscimo de 62% da área de correspondência. Esta necessidade de regularizar o Semiárido é decorrente de esforços do Governo Federal para subsidiar a aplicação de políticas de desenvolvimento social e econômico da Região do Nordeste.

A delimitação mais recente do Semiárido incorporou, em novembro de 2017, mais setenta e três municípios de sete estados, sendo 24 desses municípios pertencentes ao estado da Paraíba, totalizando 194 dos 223 municípios da Paraíba inseridos no Semiárido Brasileiro. À primeira vista, talvez, esses números possam trazer uma impressão negativa, ou preocupante, para o estado da Paraíba, em relação ao estereótipo negativo que existe sobre o Nordeste e o Semiárido em geral, mesmo estes possuindo grande biodiversidade e riquezas naturais.

Nesse rol de municípios, por exemplo, estão inseridos Campina Grande e Areia, localizados no Agreste e Brejo Paraibano, respectivamente, onde o primeiro já fazia parte do Semiárido antes da nova delimitação, e o segundo foi incluído por atender aos critérios estabelecidos segundo a SUDENE. Dentre os seis municípios que possuem estações meteorológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia, Campina Grande e Areia, objetos deste estudo, são os mais próximos da região litorânea.

Diante das considerações feitas, a necessidade de examinar a condição climática dos municípios integrantes do semiárido, especificamente Campina Grande e Areia, surge como consequência da falta de informações mais detalhadas quanto aos critérios utilizados para a delimitação mais recente mediante as características climáticas desses municípios, e da contestação de métodos clássicos de classificação climática perante à nova forma de perceber a climatologia.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Evidenciar a variabilidade dos tipos climáticos em escala anual para os municípios de Areia e Campina Grande, localizados na Paraíba.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Apresentar a variabilidade das variáveis precipitação e temperatura nos municípios em análise;
- ✓ Determinar a classificação climática em escala climatológica e anual;
- ✓ Analisar os Tipos de Clima Anual para Campina Grande e Areia; e
- ✓ Analisar dois critérios de inserção na nova delimitação do semiárido.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Histórico da delimitação do Semiárido

A Lei nº 175, de 7 de janeiro de 1936, demarcava o que era conhecido como Polígono das Secas (RAMALHO, 2013), constituído pelas áreas reconhecidas oficialmente pelo governo como de ocorrência de secas na região Nordeste. O Polígono das Secas abrangeu uma quantidade muito grande de municípios durante muito tempo. Até o ano de 1989, quando uma nova delimitação foi realizada, a superfície do Polígono das Secas passou de uma área de aproximadamente 672 mil km² para uma área de 1.085.187 km² (LIMA et al., 2004).

Em 27 de setembro de 1989, a Lei nº 7.827 instituía o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), e com ele uma nova delimitação – abdicando do uso da expressão “Polígono das Secas” – que dava origem à Região Semi-Árida do FNE, inserida na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). A Portaria nº 1.181 de 1995 da Sudene estabelecia como semiárido o território com precipitação média anual igual ou menor que 800 mm. Até 1998, a Área de Atuação da Sudene abrangeu superfície de aproximadamente 1.8 milhões de km², da qual a Região Semi-Árida do FNE correspondia a 49,78%. No ano 2000, a Região Semi-Árida do FNE compreendia uma área de 895.254,40 km², abrangendo 1.031 municípios (LIMA et al., 2004).

Considerando a necessidade de atualizar os critérios utilizados para delimitação do semiárido, o Ministério da Integração Nacional (MI), atualmente Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), juntamente com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) instituem, através da Portaria Interministerial nº 6, de 29 de março de 2004, o Grupo de Trabalho Interministerial (GTI) (BRASIL, 2005), com o intuito de apresentar novos critérios técnicos para delimitação da região semiárida, a relação de municípios que passariam a integrar a região, respeitando a contiguidade da área delimitada, e pesquisas que apoiassem as políticas públicas de desenvolvimento da região, uma vez que a Sudene havia sido desativada em 2001 e reativada posteriormente em 2007.

Portanto, para se delimitar a nova área oficial de combate às secas, em 2005 o GTI apresentou o Relatório Final para redelimitação do semiárido. Para tanto, utilizaram-se três critérios técnicos sobrepostos: i) precipitação pluviométrica anual inferior a 800 mm; ii) índice

de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico no período de 1961 e 1990; e iii) risco de seca maior que 60% no período de 1970 a 1990 (PEREIRA, 2007). Dessa forma, desde que o município atendesse a um desses critérios, o mesmo estaria incluído na nova região semiárida. Ao final do trabalho foram incluídos 102 municípios, totalizando 1.135 e uma área de 982.563 km² (SANTANA, 2007).

Em virtude de possíveis mudanças climáticas, a recomendação do Relatório Final do GTI é de que a delimitação do semiárido deveria ser revista de forma decadal. Assim, o Ministério da Integração Nacional estabeleceu, através da Portaria nº 196, de 27 de maio de 2014, o novo Grupo de Trabalho (GT-2014), que, semelhantemente ao GTI, deveria apresentar estudos e proposta da delimitação da região semiárida, além de revisar os critérios técnicos e metodologias utilizadas para a delimitação anterior (BRASIL, 2017).

A Lei Complementar nº 125/2007 altera a Medida Provisória nº 2.156/2001, que anteriormente extinguiu as atividades da Sudene, reinstituindo assim a Superintendência responsável por gerenciar metas, planos e diretrizes da sua área de atuação além de articular programas e ações com os Ministérios e órgão públicos. Mais tarde, o Decreto nº 8.276/2014 atribuiu à Sudene a regulamentação dos assuntos sobre o semiárido e sua delimitação a partir do Relatório Final do GT-2014.

Entre maio e junho de 2017 foi apresentado o novo Relatório Final do Grupo de Trabalho para Delimitação do Semiárido, no qual foram mantidos os critérios do Índice de Aridez de Thornthwaite e o referente à Isoieta de 800 mm, substituindo o critério de fator de risco de seca pelo Percentual Diário de Déficit Hídrico, além de garantir a contiguidade do território (BRASIL, 2017). O princípio da contiguidade garante a inclusão de forma integral dos limites municipais contemplados pela delimitação e a inadmissão de disjunções espaciais decorrentes de municípios não alcançados pelos critérios de avaliação dentro da poligonal. Esta medida foi recomendada com o propósito evitar disparidades que possam dificultar a ação de políticas de desenvolvimento (BRASIL, 2005).

O Relatório Final do GT-2014 sugere o aditamento de 54 municípios à nova delimitação e a dedução de 122 municípios que não atenderam a nenhum dos critérios (Tabela 1). Entretanto, o Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (CONDEL), pela Resolução CONDEL nº 107/2017, opta por manter todos os municípios já incluídos em 2005, resultando em 1.189 municípios.

Finalmente, a configuração mais recente do Semiárido Brasileiro é dada pela Resolução CONDEL nº 115/2017, a qual preconiza, como consequência da avaliação dos recursos de Unidades Federais, o acréscimo de 24 municípios, sendo 2 pelo princípio da contiguidade. A revisão do princípio da contiguidade pelo GT-2014 propôs a inclusão de mais 49 municípios, totalizando assim 1.262 municípios pertencentes ao Semiárido Brasileiro (Tabela 1). A Tabela 1 apresenta a quantidade de municípios que compõem o Semiárido atual por Unidade Federativa.

Tabela 1 – Número de municípios que compõem o semiárido brasileiro

UF	Semiárido 2005	Municípios do Semiárido - Resolução CONDEL nº 107/2017*			TOTAL
		Aprovados pela Res. CONDEL nº 107/2017	Incluídos segundo a contiguidade	Incluídos após recursos	
AL	38	38	-	-	38
BA	266	269	8	1	278
CE	150	165	5	5	175
MA	-	-	2	-	2
MG	85	85	6	-	91
PB	170	170	6	18	194
PE	122	122	1	-	123
PI	128	164	21	-	185
RN	147	147	-	-	147
SE	29	29	-	-	29
Totais	1.135	1.189	49	24	1.262

Fonte: adaptada de Resolução CONDEL nº 115/2017

*Nota: aprovados pela Resolução CONDEL nº 115/2017.

Atualmente o SAB inclui sete estados do Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Sergipe) e uma faixa que abrange parte de Minas Gerais, seguindo o Rio São Francisco a uma porção no vale seco da região do curso médio do rio Jequitinhonha. Além destes estados, a delimitação mais recente do SAB ainda abrange cidades do Maranhão, como observado na Figura 1, que corresponde a cerca de 1,3 milhões de km².

Figura 1 – Delimitação atual do semiárido brasileiro.



Fonte: SUDENE (2017).

3.2. Características do Semiárido e da Paraíba nesse contexto

Não obstante o estereótipo de região seca e de pouca riqueza biológica, o Semiárido brasileiro (SAB) compreende territórios que se distinguem pelo índice pluviométrico, tipos de solo e topografia natural (TEMOTEO, 2019). O SAB caracteriza-se por apresentar médias anuais de precipitação iguais ou menores a 800 mm, uma insolação média de 2.800h/ano e temperaturas médias anuais variando entre 23° e 27°C (BRASIL, 2017). Em virtude das altas temperaturas, a taxa de evapotranspiração chega a ser maior que as taxas pluviométricas ocasionando o déficit hídrico conhecido (FARIAS, 2018).

O ecossistema predominante no semiárido é o da Caatinga, caracterizado pela flora caducifólia de árvores e arbustos rústicos e de pequeno porte, com alto grau de tolerância à falta de água e extremamente adaptada às condições do clima. Albuquerque e Bandeira (1995) afirmam que a Caatinga é um bioma intrínseco do Brasil e está presente em todos os estados do SAB.

Segundo Aguiar (2017), as plantas da caatinga estão muito presentes em toda a vida do homem e da mulher da zona rural no que se refere à alimentação humana e animal, com suas finalidades medicinais, frutíferas, melíferas e para construção civil. Entretanto, Lacerda et al. (2007) aponta que a caatinga sofre supressão pelo uso da lenha para casa e estabelecimentos comerciais/industriais, e também pelas atividades agropastoris, que ocasiona perda de solos e assoreamento de rios, agravando a degradação do ambiente.

O relevo do semiárido é bastante variável, com altitude média entre 400 m e 500 m, alcançando até 1000 m, como no Planalto da Borborema, caracterizando um relevo que varia de plano a fortemente ondulado. Cerca de 37% da área é de encostas apresentando inclinação entre 4% e 12%, além de 20% de encostas apresentarem inclinação maior do que 12%, o que indica presença marcante de processos erosivos nas áreas antropizadas (SILVA, 2000).

O semiárido se apresenta como uma região de quadros climáticos extremos, o conhecido binômio seca-chuva, sendo os efeitos provocados pelas secas um dos maiores passivos sociais do país (TRAVASSOS et al., 2013). Estes quadros de secas e chuvas fazem parte da história da população do semiárido e do imaginário, especialmente, sobre o Nordeste do país, sendo documentados ao longo do tempo através das artes, tais como cinema, música e literatura, além dos registros oficiais.

Sobre este fato, Silva et al. (2015) discorrem que, as populações do semiárido desenvolveram características múltiplas para assegurar sua sobrevivência em meio às especificidades climáticas, as quais, ao longo da história, tenderam a ser apropriadas e capitalizadas por quem delas soube fazer uso, principalmente na forma de construções como açudes e poços com recursos públicos em propriedades privadas.

Segundo Malvezzi (2007), das regiões secas do planeta, o SAB é o mais diferenciado pelo fato de ser a região árida de maior precipitação pluvial e mais populosa no mundo, alcançando o contingente de 22 milhões de pessoas em 2010, segundo o IBGE. A Paraíba, por sua vez, tem uma estimativa para 2019 de 4 milhões de habitantes, dos quais a população inserida no semiárido corresponde a 2.498.117 habitantes, ou seja, 62%, de acordo com dados da lista de municípios integrantes do semiárido disponibilizada pela SUDENE.

3.3. Sistemas de Classificação Climática

Os Sistemas de Classificação Climática (SCC) são ferramentas baseadas no reconhecimento das características de elementos climáticos, e os fatores que os influenciam, agrupando-os em determinados tipos. O estudo das particularidades climáticas proporciona a análise e definição do clima das diversas regiões ao redor do mundo. Além disso, a classificação climática tem o intuito de organizar os numerosos dados e informações, comunicando-os normalmente em forma de gráficos e mapas, de forma a facilitar o acesso e a compreensão e apoiar o planejamento econômico e ambiental.

Existem inúmeros métodos de classificação do clima elaborados a partir de diversos parâmetros meteorológicos e climáticos. Esses métodos visam fragmentar os climas do planeta em grupos e subgrupos distintos. Todavia, por mais que não possam existir climas exatamente iguais, áreas que possuem características climáticas relativamente semelhantes são associadas no que é habitualmente denominada região climática.

Devido à natureza multivariada do objeto de estudo, alguns obstáculos limitam o exercício da classificação. As classificações são artificiais até o ponto em que se impõe uma fronteira a uma complexidade, o que as tornam subjetivas, sendo assim um produto da engenhosidade humana e não um fenômeno natural (AYOADE, 1996). Considerando os aspectos relacionados aos dados disponíveis, escala de aplicação e dinâmica do clima, a relevância de qualquer SCC é avaliada pela capacidade de alcançar sua finalidade.

Usualmente, os SCC são compreendidos de forma didática e, em especial, nas disciplinas relacionadas à geografia e meteorologia. Contudo, aplicações desses sistemas são observadas nas áreas das ciências naturais, humanas e até na área da saúde, relacionando, por exemplo, informações de variáveis climáticas e a ocorrência de doenças (NÓBREGA, 2010).

Mais recentemente, Martins et al. (2018) utilizaram SCCs, Köppen e Tornthwaite, para estudar a condição atual e projeções futuras do clima do estado de Minas Gerais, contribuindo com a fundamentação teórica para tomada de decisão sobre qualidade de vida da população e a economia do estado. Medeiros et al. (2013) e Carvalho et al. (2017) promoveram estudos de aptidão de plantas para cultivo nos estados do Ceará e de Pernambuco, respectivamente, fazendo uso dos elementos e fatores climáticos a operando a partir de SCCs. Na área da saúde, Confalonieri (2003) e Almeida e Castro (2018) apresentam a correlação entre os elementos precipitação e temperatura e a vulnerabilidade social de municípios do Norte e Nordeste referente a surtos de doenças infecciosas como dengue e malária.

3.4. A Classificação de Köppen-Geiger

O primeiro sistema quantitativo de classificação do clima foi proposto por Wladimir Köppen em 1900 (SANDERSON, 1999; KOTTEK et al., 2006; SPAROVEK, 2007; ALVARES et al., 2013). Biólogo, geógrafo e climatologista, o autor atualizou o sistema que, inicialmente baseado nos mapas de vegetação de Alphonse de Candolle, foi revisado em 1918 e passou a considerar também elementos climáticos (AYOADE, 1996). O SCC foi modificado diversas vezes por cientistas para propósitos ou localidades específicas, sendo conhecido mundialmente como classificação de Köppen-Geiger devido a contribuição do climatologista alemão Rudolf Geiger, e é utilizado em larga escala na sua forma original ou com modificações (ROLIM et al., 2007).

Além disso, para Jurca (2005) e Novais (2019), a abordagem de Köppen-Geiger é uma das que mais se destaca por usar conjunto de dados de fácil localização, ter fácil representação geográfica, e ser o sistema mais adotado no mundo. É um dos SCC mais completos no que se refere à categorias e subdivisões do clima regional. Originalmente o sistema parte do pressuposto de que a vegetação natural é a melhor manifestação do clima regional e mostra que a distribuição global dos tipos climáticos e os biomas tem alta correlação (SILVA et al., 2012).

Sá Júnior (2009) afirma que o método de Köppen-Geiger é um sistema largamente utilizado na identificação de zonas climáticas homogêneas, pois considera a precipitação pluvial e a temperatura como elementos meteorológicos para a sua classificação. Estas variáveis climáticas (precipitação e temperatura) estão entre as mais utilizadas para estudos meteorológicos (SILVA JÚNIOR, 2016; CANEPPELE, 2018).

Nesse sentido, considerando a importância ambiental e meteorológica do método, Alvares et al. (2013) desenvolveram um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que caracteriza as classificações climáticas para o Brasil por meio da utilização do SCC de Köppen-Geiger, utilizando dados de 2.950 estações meteorológicas, que resultou em mapas de alta qualidade, com resolução espacial de 1 hectare, capazes de demonstrar a variação dos tipos climáticos em nível panorâmico.

Inconvenientemente, o reduzido rol de variáveis climatológicas é a principal característica negativa sobre o método, ocasionando eventualmente resultados insatisfatórios devido às peculiaridades regionais não avaliadas. Todavia, o seu caráter didático e adaptativo, como observado, permite alterações para os devidos fins e atualizações a partir de informações mais confiáveis (VIANELLO e ALVES, 1991).

3.5. A Classificação de Thornthwaite

Para Thornthwaite (1948), uma descrição completa de um clima é dada pelo uso de quatro símbolos que correspondem ao: índice de excedente de água/índice de aridez, índice de umidade, índice de eficiência térmica e índice de concentração da eficiência térmica no verão. Ou seja, além da precipitação pluvial e temperatura, Thornthwaite, elaborou um SCC que introduziu o conceito de Evapotranspiração Potencial (ETp), a qual passou a ser considerada um elemento meteorológico padrão, assim como a precipitação, sem restrição hídrica e que reflete a quantidade de chuva demandada por determinado tipo de vegetação (CAMARGO e CAMARGO, 2000).

Em uma área com vegetação ocorrem simultaneamente os processos de transpiração e de evaporação, formas com que os vegetais e o solo perdem água para o ambiente, respectivamente. A ação conjunta destes processos é denominada evapotranspiração (VESCOVE et al., 2005), sendo expressa como a quantidade de água evaporada por unidade de

tempo (mm dia^{-1}). Dessa forma, o SCC de Thornthwaite apoia-se em duas grandezas principais que são funções diretas da ETp: o índice real de umidade e o índice térmico (OMETTO, 1981).

Para Trewartha (1954) e Ayoade (1996), tal metodologia teve muito impacto no ramo da ecologia, agricultura e desenvolvimento dos recursos hídricos. A aplicação do método torna-se mais vantajosa, principalmente depois de Thornthwaite e Mather ter incorporado, em 1955, o Balanço Hídrico Climatológico, a fim de determinar o regime hídrico de um local sem necessariamente determinar as condições do solo.

Com base nisso, Rolim et al. (2007) mostram que o SCC de Thornthwaite é útil nas mesmas aplicações de um balanço hídrico normal, como zoneamento agroclimático, conhecimento do regime hídrico como também para determinação das épocas de semeadura, por exemplo, além de que a classificação do clima pode ser utilizada para elaboração de mapas de zoneamento agrometeorológico.

Recentemente, Francisco et al. (2017) utilizaram o método de Thornthwaite para estudar a evapotranspiração de referência no estado da Paraíba em escala mensal, sazonal e anual. Outros estudos têm usado a este SCC para investigar a aptidão climatológica de regiões do semiárido para a cultura, como por exemplo, do abacaxi, do algodão-herbáceo e da mandioca (MEDEIROS et al., 2011; SILVA et al., 2012; MATOS et al., 2015).

3.6. Abordagens dos sistemas de classificação climática

Antes de se encaminhar à metodologia e aos resultados deste trabalho, é importante discutir, brevemente, alguns conceitos essenciais ligados às abordagens de elaboração dos Sistemas de Classificação Climática em geral, e à forma de se estudar o clima, o qual, atualmente, dispõe de maiores recursos tecnológicos que promovem melhorias na sua compreensão e aproveitamento mais satisfatório dos resultados.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelece que, para estudos comparativos de clima, é necessário que a série histórica de dados tenha um rol de no mínimo 30 anos. Neste sentido, existem duas divisões de conceitos de como analisar o clima. A primeira dicotomia é referente às duas abordagens mais utilizadas ao longo do tempo para classificar os tipos climáticos: a abordagem genética e a abordagem genérica (ou empírica).

A primeira apodera-se dos fatores climáticos, ou seja, as classificações climáticas são elaboradas a partir das características que determinam os diferentes climas, como latitude, radiação e sistemas predominantes de vento e pressão. Um representante desta abordagem é o método de classificação desenvolvido pelo climatologista alemão Hermann Flohn, o qual baseou-se nas zonas de ventos e observações do tipo de precipitação.

A segunda abordagem, por outro lado, utiliza as medições físicas e constantes dos elementos climáticos para sua construção como precipitação, temperatura, evaporação, ou seus efeitos sobre, ou ainda fenômenos como o homem e a vegetação (AYOADE, 1996). As maiores representações desta abordagem são os métodos de Köppen e o de Thornthwaite.

Essas duas formas de análise do clima constituem o que é chamada de climatologia clássica, onde a principal crítica encontra-se no fato de, geralmente, não haver dados históricos suficientes para suas aplicações com total satisfação, como visto nas seções anteriores.

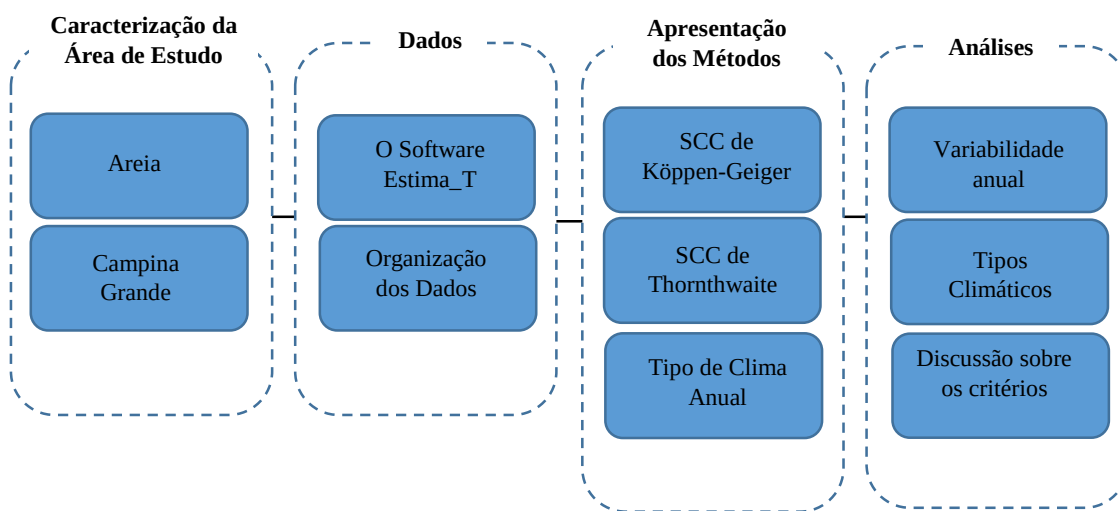
Cunha e Vechia (2007) também chamam esse conceito de climatologia separativa, uma vez que os elementos são analisados de maneira independentes, não levando em consideração sua interconexão, sendo esta a principal crítica sobre as formas de estudar o clima. Ayoade (1996) menciona as tentativas de classificação do clima por meio de técnicas de estatísticas multivariadas, especialmente a análise fatorial e a análise dos componentes principais.

Desta forma, portanto, tem-se a segunda divisão dos conceitos no estudo da climatologia, a partir da visão da climatologia dinâmica, onde o objetivo original é analisar os elementos climáticos de forma conjunta como componentes integrados e interdependentes. As dificuldades no desenvolvimento de estudos deste tipo se dão pela alta complexidade na análise das interações dos elementos climáticos e as escalas espaço-temporais em que são aplicados.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os dados e a metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos. A Figura 2 apresenta de forma esquemática as etapas realizadas a qual serão descritas nas subseções seguintes.

Figura 2 – Fluxograma das etapas realizadas.

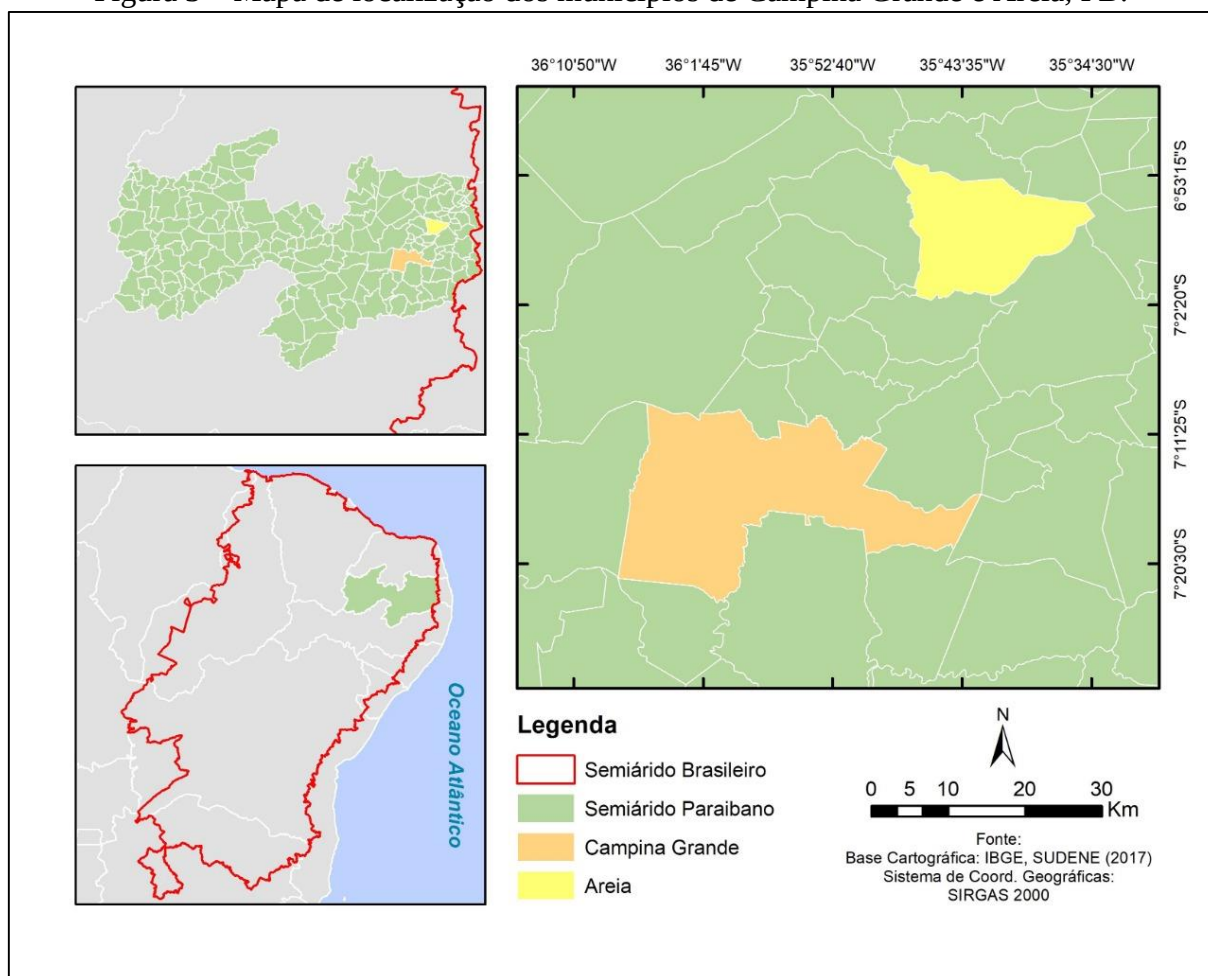


Fonte: elaboração própria (2019).

4.1. Área de Estudo

De acordo com a SUDENE, em 2019, 194 dos 223 municípios do Estado da Paraíba fazem parte do SAB, totalizando uma área de 51.306 km² (Figura 3). Isso equivale a mais de 80% da área do estado (MACEDO, 2010). A Paraíba possui temperaturas médias elevadas (22°C a 30°C) e amplitude térmica muito pequena (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). A distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação no ano, com menores índices no centro do Estado, entre 300 a 500 mm; no Sertão e Alto Sertão, 700 a 900 mm; no Brejo e Agreste de 700 a 1.200 mm; e no Litoral entre 1.200 a 1.600 mm (FRANCISCO et al., 2015).

Figura 3 – Mapa de localização dos municípios de Campina Grande e Areia, PB.



Fonte: elaboração própria (2019).

Como apresentado pela Figura 3, os municípios de Campina Grande e Areia estão inseridos na região semiárida da Paraíba. O primeiro município já fazia parte do Semiárido anteriormente a última delimitação, e reafirmado por atender a pelo menos um dos três critérios ordenados pelo MI; o segundo, incluído em novembro do ano de 2017 após a Nota Técnica Nº 0023/2017 emitida pela SUDENE.

4.1.1. Caracterização do município de Areia

O município de Areia está localizado no estado da Paraíba, na porção Norte do Planalto da Borborema, na latitude Sul entre 06° 51' 47" e 07° 02' 04" e longitude Oeste entre 35° 34' 13" e 35° 48' 28", com altitude média de 618 metros, integrando a região geográfica imediata de Campina Grande, segundo a nova divisão regional do IBGE em 2017. Será, entretanto, utilizada como localização a microrregião do Brejo Paraibano, no agreste do estado, devido

suas características climáticas. De acordo com dados do IBGE (2010), a área do município é de 266,5 km² que abrange uma população de 22.819 habitantes e, consequentemente, uma densidade demográfica de 88,42 hab/km².

As florestas do Brejo de Altitude são consideradas disjunções da Mata Atlântica no domínio da Caatinga (ANDRADE-LIMA, 2007). Segundo Sales et al., (1998), a semelhança da mata dos brejos com a floresta litorânea se dá pela presença das mesmas espécies de animais e plantas nestes ecossistemas, tornando o brejo uma área de diversidade biológica inestimável.

O relevo apresenta configurações morros de topos planos, vales, várzeas áreas dissecadas à barlavento. A hipsometria varia de 164 a 635 metros com predomínio biogeográfico da Mata Atlântica e ecossistemas associados (MARQUES et al., 2014). As superfícies mais elevadas encontram-se na porção central da localidade e vão diminuindo às extremidades, enquanto as porções sul e leste apresentam formações semelhantes à Mares de Morros (COSTA, 2015).

Segundo Köppen-Geiger, o clima é do tipo As', que se traduz por quente e úmido com chuvas de inverno e outono, sua precipitação média anual gira em torno de 1.200 mm, apresentando temperatura anual entre 24°C e 25°C e umidade relativa do ar em cerca de 80% (BARBOSA et al., 2007; GUEDES FILHO, 2013). A insolação média anual do município é de cerca de 6 horas/dia (FRANCISCO et al., 2016).

Embora a atividade comercial tenha tido papel importante no desenvolvimento da cidade, segundo Ferreira (2010) sua economia é baseada pecuária e na cultura de algodão, agave e café, mas principalmente da cana-de-açúcar que influenciou diretamente os aspectos socioeconômicos, urbanos e culturais a partir dos engenhos de cachaça e rapadura.

A variabilidade pluviométrica é o principal influenciador do clima no Nordeste ao longo do ano, e são nos primeiros cinco meses que doenças infecciosas transmitidas por mosquitos, com o *Aedes Aegypti* alcançam maior número de entradas em hospitais. Nesse sentido, estudando a ocorrência de casos de dengue em Areia, Baracho et al. (2014) apontam que a incidência da doença é maior nos meses que encerram o verão, quando as temperaturas estão mais altas e favorecem o desenvolvimento do mosquito, continuando pela estação de outono e começo do inverno, quando as chuvas são mais constantes.

4.1.2. Caracterização do município de Campina Grande

Localizada no Agreste do estado da Paraíba, na região geográfica imediata de Campina Grande – de acordo com a divisão mais recente – com sede estabelecida na latitude Sul 7°13'32" e longitude Oeste 35°52'38", Campina Grande possui uma área de 594.182 km², com população de 402.912 habitantes e densidade demográfica de 678,10 hab/km² (IBGE, 2010). A altitude média é de 550 metros, chegando a 440 metros na porção Leste, e acima de 600 metros no Norte, chegando a 678 metros no bairro Serrotão, ponto culminante na porção Noroeste (CARVALHO e CARVALHO, 1982).

Silva (2011) mostra que Campina Grande tem grande influência na malha urbana regional, sendo classificada como cidade de médio porte e Capital Regional B de acordo com a Região de Influência das Cidades (REGIC), o que significa que funciona como um centro de gestão do Poder Executivo e Judiciário em nível federal, centro empresarial e possui variada disponibilidade de serviços. Quanto à produção industrial, as atividades estão concentradas na produção têxtil, couros e calçados, alimentação e bebidas (MENDES et al., 2012).

Assim como Areia, o clima de Campina Grande é classificado como do tipo As' de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, quente e úmido com chuvas de inverno e outono (SILVA e ALMEIDA, 2012). Segundo Pereira (2011), Campina Grande situa-se na borda oriental do Planalto da Borborema, com fertilidade do solo de médio a alto grau e vegetação formada por Florestas Subcaducifólias e Caducifólias, inerentes às regiões semiáridas, enquanto o relevo é movimentado, com vales profundos e estreitos.

Decorrentes do relevo, que possui curvas isométricas acima de 500 metros do nível do mar, o município tem características serranas, temperatura em torno de 23 °C, precipitação em torno de 790 mm e média anual de umidade relativa do ar de 78% (RAMOS, 2002). A média de insolação anual de Campina Grande é de 7 horas/dia (FRANCISCO et al., 2016).

Decorrentes do clima e da formação do solo, os principais produtos agrícolas do município são: algodão herbáceo, feijão, mandioca, milho, sisal, arroz, batata doce e inglesa, cebola, fava, fumo, mamona, melão, tomate e diversos produtos hortifrutigranjeiros (SANTOS, 2012). Araújo (2018) mapeou 72 comunidades rurais no município localizadas na macrozona rural, evidenciando o peso e a importância da agricultura familiar que atua direta na reprodução das atividades agropecuárias, principalmente a caprinovinocultura e bovinocultura leiteira.

No tocante à influência do clima na saúde, Carvalho et al. (2017) apontam que o a sazonalidade climática influencia no aumento de doenças respiratórias. Isso é observado por Gomes et al. (2015) calculando a correlação da amplitude térmica e da velocidade dos ventos entre bairros de Campina Grande e a ocorrência de doenças respiratórias em crianças de 0 a 5 anos no ano de 2007, observando que os casos de pneumonia nessa faixa etária ocorreram próximos às áreas mais quentes pelo processo de convecção da circulação do ar que parte de áreas mais frias para as mais quentes.

4.2. Dados

Os dados de precipitação e temperatura utilizados para os dois municípios, Areia e Campina Grande, foram obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponível gratuitamente². Também se utilizou das temperaturas e precipitações médias para a última normal climatológica, período de 1981 a 2010, disponibilizado também pelo INMET³.

A Normal Climatológica é o cálculo dos valores médios de dados climatológicos para um período mínimo consecutivo de três décadas. A Normal Climatológica mais recente disponibilizada pelo INMET corresponde ao período de 1981 a 2010. Períodos inferiores a 30 anos podem ser usados como Normais Provisórias, como médias de curtos períodos baseados em variáveis climatológicas que se estendam por no mínimo 10 anos (INMET, 2018).

Dessa forma, a base primária consistia em dados mensais de precipitação de 1963 a 2018. Entretanto, a maior parte dos anos possuía inconsistência e falha de dados, de forma a impedir a aplicação de uma técnica de preenchimento de falhas satisfatória. Após uma análise de consistência, foi selecionado um período de 25 anos (1994 – 2018) de dados de precipitação mensal e temperatura média mensal, consecutivos, sem falhas, e comuns aos dois municípios. A complementação dos 30 anos mostrou-se inviável mediante a ausência de informações de precipitação dos cinco anos imediatamente anteriores a 1994.

Não diferentemente dos dados pluviométricos, os dados de temperatura também apresentaram lapsos em períodos específicos, como observado na Tabela 2, os quais foram preenchidos com auxílio dos dados gerados pelo *Software Estima_T*, e correspondem a um

² <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

³ <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>

percentual de 9,7% dos dados de temperatura média mensal do município de Areia, e 8% dos dados para o município de Campina Grande.

Tabela 2 – Relação de dados de temperaturas mensais para ao período de 1994 a 2018.

Areia	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
jan																									
fev																									
mar																									
abr																									
mai																									
jun																									
jul																									
ago																									
set																									
out																									
nov																									
dez																									
Campina Grande	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
jan																									
fev																									
mar																									
abr																									
mai																									
jun																									
jul																									
ago																									
set																									
out																									
nov																									
dez																									

Fonte: elaboração própria (2019).

Nota: Os retângulos hachurados são referentes aos meses estimados por software.

4.3. O Software Estima_T

De acordo com os autores Cavalcanti et al. (1994, 2006), o *software* Estima_T é um modelo empírico de estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil (NEB), desenvolvido em linguagem *Visual Basic for Windows*, o qual estima dados de temperatura através de funções quadráticas para as temperaturas médias, máximas e mínimas da região em função dos valores das coordenadas de latitude, longitude e altitude da localidade que se deseja estimar. A fórmula quadrática que modela a estimativa é dada pela Equação 1:

$$T_{ij} = a_0 + a_1\lambda + a_2\phi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\phi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\phi + a_8\lambda h + a_9\phi h + ATSM_{ij} \quad (1)$$

onde (T_{ij}) é a temperatura do ar que se deseja encontrar nos índices i e j , referentes ao mês e o ano, respectivamente. Os coeficientes ($a_0, a_1, \dots, a_n$) são constantes de regressão, enquanto λ é a longitude e o ϕ , a latitude, em graus, e h é a altitude em metros das estações. Por fim, o termo referente às Anomalias de Temperaturas da Superfície do Mar ($ATSM_{ij}$) assume valores positivos ou negativos decorrentes do comportamento das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) (CAVALCANTE e SILVA, 1994).

Ainda segundo os criadores, o *Estima_T* mostrou-se apto a refazer séries de temperaturas médias mensais do ar com correlações significantes estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade, apresentando assim razoável precisão. Autores como Costa et al. (2015) e Francisco et al. (2015) utilizaram o programa computacional para estudar a variabilidade da temperatura no Agreste e na Paraíba em geral, assim como Valadão et al. (2010) e Coutinho et al. (2015) utilizaram o *software* para subsidiar o cálculo do Balanço Hídrico para as regiões do Seridó (Rio Grande do Norte) e Cariri (Paraíba), respectivamente.

O *software* está disponibilizado de forma gratuita no site⁴ da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande.

4.4. Classificação de Köppen

Empregando o SCC de Köppen-Geiger, os climas mundiais são divididos inicialmente em cinco grandes grupos: A, B, C, D e E, os quais são subdivididos de acordo com as especificidades adquiridas a partir da relação dos intervalos de temperatura e precipitação. Vianello e Alves (1991) atribuem aos subgrupos e subdivisões a nomenclatura “tipos climáticos” e “variedades climáticas”, respectivamente. Os parâmetros observados por Köppen para a construção do SCC são expressos na Tabela 3.

⁴ http://www.dca.ufcg.edu.br/estima_t/

Tabela 3 – Critérios do sistema de classificação de Köppen.

Grupo	Tipo climático	Variedade climática	Critérios
A			$T_{fria} \geq 18$
	f		$P_{seco} \geq 60$
	m		Não ser Af, com $P_{seco} \geq 100 - \frac{\bar{P}_A}{25}$
	w		Não ser Af, com $P_{seco} < 100 - \frac{\bar{P}_A}{25}$
B			$\bar{P}_A < 10 \times P_{limiar}$
	W		$\bar{P}_A < 5 \times P_{limiar}$
	S		$\bar{P}_A \geq 5 \times P_{limiar}$
		h	$\bar{T}_A \geq 18$
		k	$\bar{T}_A < 18$
C			$T_{quente} > 10$ e $0 < T_{fria} < 18$
	s		$P_{vseco} < 40$ e $P_{vseco} < \frac{P_{iumido}}{3}$
	w		$P_{iseco} < \frac{P_{vumido}}{10}$
	f		Não ser Cs ou Cw
		a	$T_{quente} \geq 22$
		b	Não ser a, com $T_{mês10} \geq 4$
		c	Não ser a ou b, com $1 \leq T_{mês10} < 4$
D			$T_{quente} > 10$ e $T_{fria} \leq 0$
	s		$P_{vseco} < 40$ e $P_{vseco} < \frac{P_{iumido}}{3}$
	w		$P_{iseco} < \frac{P_{vumido}}{10}$
	f		Não ser Ds ou Dw
		a	$T_{quente} \geq 22$
		b	Não ser a, com $T_{mês10} \geq 4$
		c	Não ser a, b ou d
		d	Não ser a ou b, com $T_{fria} < -38$
E			$T_{quente} < 10$
	T		$T_{quente} > 0$
	F		$T_{quente} \leq 0$

Fonte: adaptado de Peel et al. (2007).

Nota: $\bar{P}_A$ = precipitação média anual; $\bar{T}_A$ = temperatura média anual; T_{quente} = temperatura do mês mais quente; T_{fria} = temperatura do mês mais frio; $T_{mês10}$ = número de meses com temperatura acima de 10 graus; P_{seco} = precipitação do mês mais seco; P_{vseco} = precipitação do mês mais seco no verão; P_{iseco} = precipitação do mês mais seco no inverno; P_{vumido} = precipitação do mês mais úmido no verão; P_{iumido} = precipitação do mês mais úmido no inverno; P_{limiar} = valor limite da precipitação na categoria e varia de acordo com: $P_{limiar} = 2 \times \bar{T}_A$, se 70% da $\bar{T}_A$ ocorre no inverno; $P_{limiar} = 2 \times \bar{T}_A + 28$, se 70% da $\bar{T}_A$ ocorre no verão; e $P_{limiar} = 2 \times \bar{T}_A + 14$, se de outra forma.

O significado das tipologias para as cinco grandes áreas, sete tipos climáticos e vinte e oito variedades climáticas de maior ocorrência no globo pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4 – Grandes áreas e tipos climáticos.

A: Clima tropicais chuvosos
Af: Clima tropical úmido ou clima equatorial de floresta
Am: Clima tropical de monção
Aw : clima tropical com estação seca de Inverno
As: clima tropical com estação seca de Verão
B: Clima árido
BS: clima das estepes
BSh: clima das estepes quentes
BSk: clima das estepes frias
BW: clima desértico
BWh: clima das regiões desérticas quentes
BWk: clima das regiões desérticas frias
C: Clima temperado úmido e moderado quente
Cf: clima temperado úmido sem estação seca
Cfa: clima temperado úmido com Verão quente
Cfb: clima temperado úmido com Verão temperado
Cfc: clima temperado úmido com Verão curto e frio
Cw: clima temperado úmido com Inverno seco
Cwa: clima temperado úmido com Inverno seco e Verão quente
Cwb: clima temperado úmido com Inverno seco e Verão temperado
Cwc: clima temperado úmido com Inverno seco e Verão curto e fresco
Cs: clima temperado úmido com Verão seco (clima mediterrânico)
Csa: clima temperado úmido com Verão seco e quente
Csb: clima temperado úmido com Verão seco e temperado
Csc: clima temperado úmido com Verão seco, curto e frio
D: Clima continental ou climas temperados frios com neve-floresta
Df: clima temperado frio sem estação seca
Dfa: clima temperado frio sem estação seca e com Verão quente
Dfb: clima temperado frio sem estação seca e com Verão temperado
Dfc: clima temperado frio sem estação seca e com Verão curto e frio
Dfd: clima temperado frio sem estação seca e com Inverno muito frio
Dw: clima temperado frio com Inverno seco
Dwa: clima temperado frio com Inverno seco e com Verão quente
Dwb: clima temperado frio com Inverno seco e com Verão temperado
Dwc: clima temperado frio com Inverno seco e com Verão curto e frio
Dwd: clima temperado frio com Inverno seco e muito frio
E: Clima glacial
ET: clima de tundra
EF: clima das calotes polares
EM: clima das altas montanhas

Fonte: adaptado de Sá Júnior (2009).

4.5. Classificação de Thornthwaite

O primeiro símbolo, ou chave, da classificação de Thornthwaite é o índice de umidade (Iu), que é uma relação entre o índice hídrico (Ih) e o índice de aridez (Ia). Estes índices, por sua vez, expressam a razão do excedente (Exc) hídrico anual, ou da deficiência (Def) hídrica anual, respectivamente, com a evapotranspiração potencial deste ano, através das Equações (2) e (3), sendo esta primeira chave determinada pela Equação (4), e referida por uma letra maiúscula com ou sem um algarismo indexado (Tabela 5).

$$Ih = (Exc/ETp) * 100 \quad (2)$$

$$Ia = (Def/ETp) * 100 \quad (3)$$

$$Iu = Ih - (0,6 * Ia) \quad (4)$$

Tabela 5 – Primeira chave da classificação de Thornthwaite.

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Iu)
A - Super-úmido	$Iu \geq 100$
B ₄ - Úmido	$80 \leq Iu < 100$
B ₃ - Úmido	$60 \leq Iu < 80$
B ₂ - Úmido	$40 \leq Iu < 60$
B ₁ - Úmido	$20 \leq Iu < 40$
C ₂ - Sub-úmido	$00 \leq Iu < 20$
C ₁ - Sub-úmido seco	$-33,33 \leq Iu < 00$
D - Semi-árido	$-66,7 \leq Iu < -33,33$
E - Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

Fonte: Ometto (1985).

Segundo Thornthwaite (1948), índice de umidade incorpora os períodos secos e úmidos durante todo o ano, e é responsável por determinar o tipo climático da localidade. A segunda chave da classificação (Tabela 6) designa o subtipo climático a partir dos índices hídrico ou de aridez.

Tabela 6 – Segunda chave da classificação de Thornthwaite.

Climas úmidos (A, B₄ a B₁ e C₂)	Índice de Aridez (Ia)	Climas secos (C₁, D e E)	Índice hídrico (Ih)
r – sem deficiência de água	0 – 16,7	d – sem excesso de água	0 – 10
s – moderada deficiência no verão	16,7 – 33,33	s – moderado excesso de inverno	10 – 20
w – moderada deficiência no inverno	16,7 – 33,33	w – moderado excesso de verão	10 – 20
s2 – grande deficiência no verão	> 33,33	s2 – largo excesso de inverno	>20
w2 – grande deficiência no inverno	> 33,33	w2 – largo excesso de verão	>20

Fonte: Ometto (1985).

A terceira chave da classificação (Tabela 7) corresponde ao valor numérico da evapotranspiração, sendo esta variável uma função reguladora do Índice de Eficiência Térmica (IET) a partir da temperatura e do fotoperíodo (Thornthwaite, 1948). Por fim, a quarta chave (Tabela 8) expressa o subtipo climático através da Concentração de ETp no Verão indicada a partir da porcentagem da ETp que ocorre nos meses dessa estação do ano.

Tabela 7 – Terceira chave da classificação de Thornthwaite.

Símbolo	Tipo Climático	Valores da ETp (mm)
A'	megatérmico	≥ 1.140
B' ₄	mesotérmico	997 – 1.140
B' ₃	mesotérmico	855 – 997
B' ₂	mesotérmico	712 – 855
B' ₁	mesotérmico	570 – 712
C' ₂	microtérmico	427 – 570
C' ₁	microtérmico	285 – 427
D'	tundra	142 – 285
E'	gelo perpétuo	< 142

Fonte: adaptado de Thornthwaite (1948) e Ometto (1981).

Tabela 8 – Quarta chave da classificação de Thornthwaite.

Símbolo	Concentração de ETp no verão (%)
a'	< 48
b' ₄	48 – 51,9
b' ₃	51,9 – 56,3
b' ₂	56,3 – 61,6
b' ₁	61,6 – 68,0
c' ₂	68,0 – 76,3
c' ₁	76,3 – 88,00
d'	> 88,00

Fonte: adaptado de Thornthwaite (1948) e Ometto (1981).

Sobre a Capacidade de Água Disponível (CAD) no solo, que é o valor máximo de água que um tipo de solo pode reter, foi utilizada 100 mm, o que, segundo Francisco et al. (2017) é um valor representativo dos solos da região. Os valores dos índices Iu, Ia, Ih e da evapotranspiração foram obtidos por intermédio da planilha eletrônica disponibilizada por Medeiros (2009). Ao final, os resultados destas análises expressam uma “fórmula climática” que é representada por quatro letras consecutivas, baseadas nas Tabelas 5 a 8.

4.6. Tipo de Clima Anual

Os Sistemas de Classificação Climática foram, ao longo do tempo, recebendo atualizações de seus autores ou de mudanças sugeridas por outros, a começar do método de Köppen-Geiger, como mencionado, o mais utilizado no mundo. Recentemente também diversos autores como Kottek et al. (2006) propõem alterações para mostrar a evolução do clima e fazer projeções. Foi nesse sentido que a expressão Tipo de Clima Anual (TCA) surgiu. O TCA foi utilizado inicialmente por Brisse et al. (1982), partindo da classificação de Köppen, porém analisando os padrões climáticos anualmente.

Devido às discussões sobre a falta de dinamicidade dos Sistemas de Classificações Climáticas, e mediante a dificuldade de aplicação de formas mais dinâmicas em larga escala, como descrito na Seção 3.6, o TCA apresenta-se como uma maneira de amenizar a característica estática dos métodos empíricos de classificação climática, aplicando os métodos para cada ano da série histórica e analisando a evolução e a variabilidade dos tipos climáticos.

Dessa forma, baseado no SCC de Köppen, o TCA foi utilizado por autores como Plachon e Rosier (2005) e Quenol et al. (2008), para identificação dos tipos de clima anual na Argentina e na França, respectivamente. Mais recentemente, Dubreuil et al. (2018a; 2018b) fizeram um levantamento do TCA por Köppen para o Brasil, apontando significantes reduções de tipos climáticos no Norte e ao Sul do país e surgimento de mais áreas áridas no Nordeste.

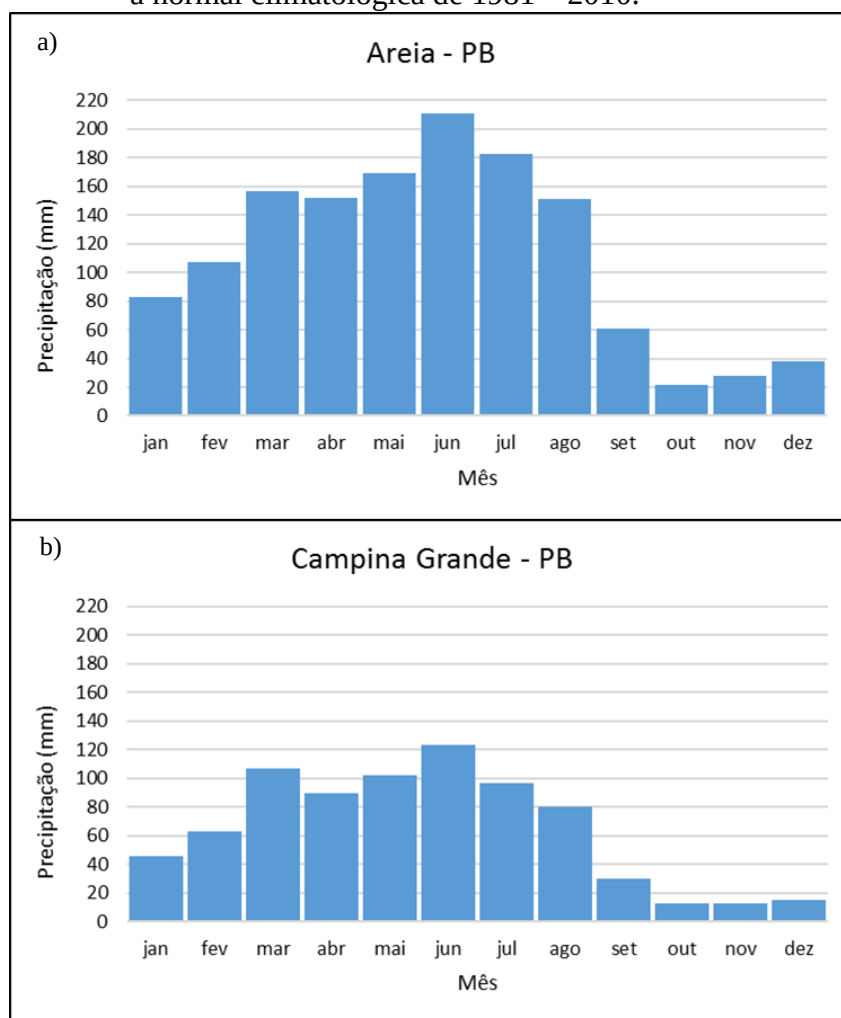
O TCA pode, portanto, ser aplicado não somente a partir do método de Köppen-Geiger, mas também com outros métodos empíricos, como o de Thornthwaite, que já é utilizado em escalas decenais e anuais para estudos do balanço hídrico, como observado nos trabalhos de Ferreira e Souza (2011) e Santos et al. (2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Distribuição da precipitação e temperatura da Normal Climatológica (1981 – 2010)

A representação dos dados de precipitação a partir da Normal Climatológica de 1981 – 2010 pode ser observada na Figura 4. É possível notar a que a distribuição das chuvas é semelhante nos dois municípios (considerando-se o comportamento e não os valores quantitativos), com estação chuvosa nos meses de março a agosto e estação seca de setembro a fevereiro. A quadra chuvosa (abril, maio, junho, julho) é responsável por 52% da precipitação anual (PA) em Areia e 55% da PA em Campina Grande, o que corresponde a 713,8 mm (PA = 1.359,7 mm) e 411,3 mm (PA = 777,0 mm), respectivamente.

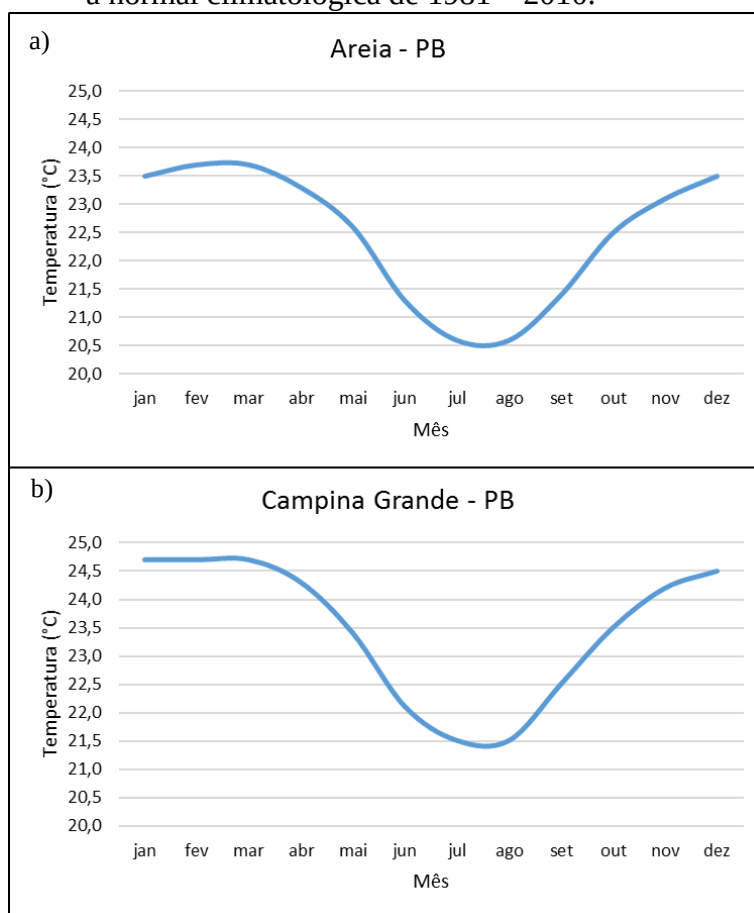
Figura 4 – Distribuição da precipitação nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande para a normal climatológica de 1981 – 2010.



Fonte: elaboração própria (2019).

Com relação à temperatura média anual (Figura 5), Areia apresenta valor médio de 22,5 °C, tendo média do mês mais quente igual a 23,7 °C, em fevereiro, e 20,6 °C no mês mais frio, em julho (Figura 5a). Oliveira et al. (2006) afirmam que a temperatura mais amena do Brejo Paraibano, onde está inserido o município, se deve às elevadas precipitações devido ao efeito orográfico decorrente do Planalto da Borborema. A amplitude térmica de Areia é de 3,1°C (Figura 5a). É válido ressaltar que o município se encontra em uma altitude média de 618 m.

Figura 5 – Distribuição da temperatura nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande para a normal climatológica de 1981 – 2010.



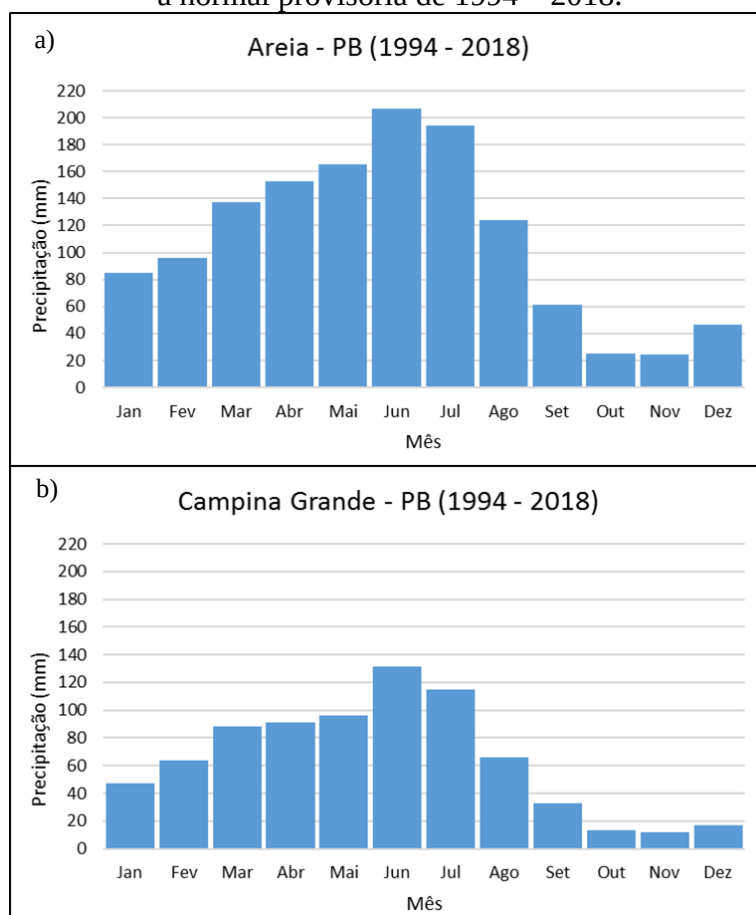
Fonte: elaboração própria (2019).

Em Campina Grande (Figura 5b), a temperatura média anual é em torno de 23,5 °C, com 24,7 °C em fevereiro e 21,5 °C em julho. A amplitude térmica de Campina Grande é de 3,2 °C. Analisando os dois municípios, percebe-se que Campina Grande é um pouco mais quente, em média, do que Areia. Cunha et al. (2009) evidenciam nessas três décadas, por meio de imagens do satélite Landsat 5-TM, um aumento de temperatura de superfície em Campina Grande vinculado ao crescimento urbano sem planejamento da cidade.

5.2. Distribuição da precipitação e temperatura para o período de 1994 – 2018

A distribuição normal para o período de 1994 a 2018 apresenta características visivelmente semelhantes à da normal climatológica mais recente fornecida pelo INMET (Figura 6), principalmente por possuírem 17 anos em comum, do ano de 1994 ao ano de 2010. As contribuições da quadra chuvosa na precipitação anual (PA) aumentaram em 1 percentual para os dois municípios, o que corresponde a 53% em Areia e 56% em Campina Grande, notando-se uma ínfima redução da precipitação anual (PA=1.317,8 mm em Areia, e PA = 774,0 mm em Campina Grande), com relação aos valores calculados na normal climatológica.

Figura 6 – Distribuição da precipitação nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande para a normal provisória de 1994 – 2018.



Fonte: elaboração própria (2019).

Os meses que formam a estação pré-chuvosa são janeiro, fevereiro e março, e é possível notar que estes tiveram redução em sua contribuição na precipitação anual. No município de Areia ocorreram precipitações pluviais 9,2% menores na estação pré-chuvosa, e, em Campina Grande, 8,4%, em relação ao calculado para a climatologia normal no mesmo período. Este fato

é constatado nos Apêndices I e II em que a parcela de chuva na estação pré-chuvosa passa a apresentar menores contribuições a partir do ano de 2009, principalmente no mês de março.

As Tabelas 9 e 10 mostram a concentração das chuvas de forma sazonal para os dois municípios através das estações do ano, sendo elas: dezembro, janeiro e fevereiro, o verão; março, abril e maio, o outono; junho, julho e agosto, o inverno; e setembro, outubro e novembro, a primavera; destacando os percentuais mais elevados de contribuição. Percebe-se que, tanto para o município de Areia quanto para o de Campina Grande, as maiores contribuições corroboram com o esperado, ou seja, os meses de outono e inverno. Ressalta-se o ano de 2004 em que os percentuais com maiores volumes de chuva ocorreram nos meses de verão.

Tabela 9 – Concentração da distribuição da precipitação por estações do ano em Areia – PB.

Anos	Estações do Ano			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
1994	12%	36%	45%	7%
1995	4%	56%	31%	9%
1996	6%	37%	35%	22%
1997	22%	48%	28%	2%
1998	11%	32%	50%	7%
1999	24%	37%	32%	8%
2000	15%	25%	47%	13%
2001	12%	33%	52%	3%
2002	20%	31%	41%	8%
2003	23%	33%	36%	8%
2004	39%	30%	27%	4%
2005	10%	28%	57%	5%
2006	6%	39%	43%	11%
2007	14%	31%	40%	14%
2008	9%	41%	43%	7%
2009	16%	37%	44%	4%
2010	23%	28%	41%	8%
2011	12%	45%	38%	4%
2012	33%	17%	48%	2%
2013	13%	28%	48%	11%
2014	19%	20%	34%	27%
2015	18%	24%	53%	5%
2016	34%	50%	12%	5%
2017	7%	33%	48%	12%
2018	24%	50%	21%	4%

Fonte: elaboração própria (2019).

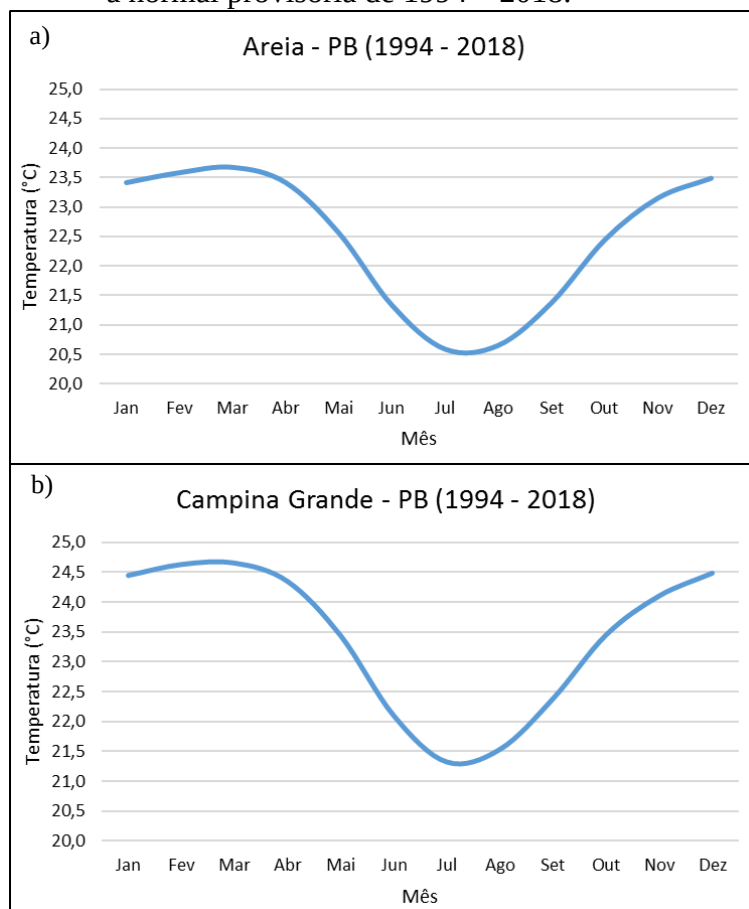
Tabela 10 – Concentração da distribuição da precipitação por estações do ano em Campina Grande – PB.

Anos	Estações do Ano			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
1994	12%	25%	52%	11%
1995	3%	38%	56%	3%
1996	6%	48%	33%	13%
1997	26%	47%	25%	2%
1998	5%	32%	55%	7%
1999	16%	40%	34%	9%
2000	20%	23%	44%	13%
2001	3%	46%	46%	5%
2002	22%	37%	32%	9%
2003	15%	36%	41%	8%
2004	42%	25%	29%	4%
2005	12%	36%	49%	3%
2006	3%	48%	41%	8%
2007	14%	39%	34%	12%
2008	8%	53%	34%	5%
2009	29%	29%	40%	3%
2010	18%	20%	51%	10%
2011	14%	45%	38%	2%
2012	29%	13%	55%	3%
2013	10%	29%	50%	10%
2014	10%	30%	37%	23%
2015	7%	27%	62%	4%
2016	37%	47%	12%	4%
2017	3%	32%	53%	12%
2018	28%	57%	13%	1%

Fonte: elaboração própria (2019).

Quanto à temperatura para as duas localidades não há mudanças essencialmente importantes, como descrito por diversos autores. Nestas coordenadas geográficas a temperatura é bastante constante e não possui variações significativas ao longo do ano (AYOADE, 1996). Neste sentido, os valores médios anuais e amplitude para cada município apresentaram os mesmos resultados que para a normal climatológica.

Figura 7 – Distribuição da temperatura nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande para a normal provisória de 1994 – 2018.



Fonte: elaboração própria (2019).

Em relação à precipitação, a distribuição em escala interanual para os municípios expressa um caráter regular, porém com pontos que se destacam por seu distanciamento em relação à média para os municípios. Para Santos (2012), há vários fatores que afetam a variabilidade da precipitação, destacando-se dentre eles o fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS)⁵.

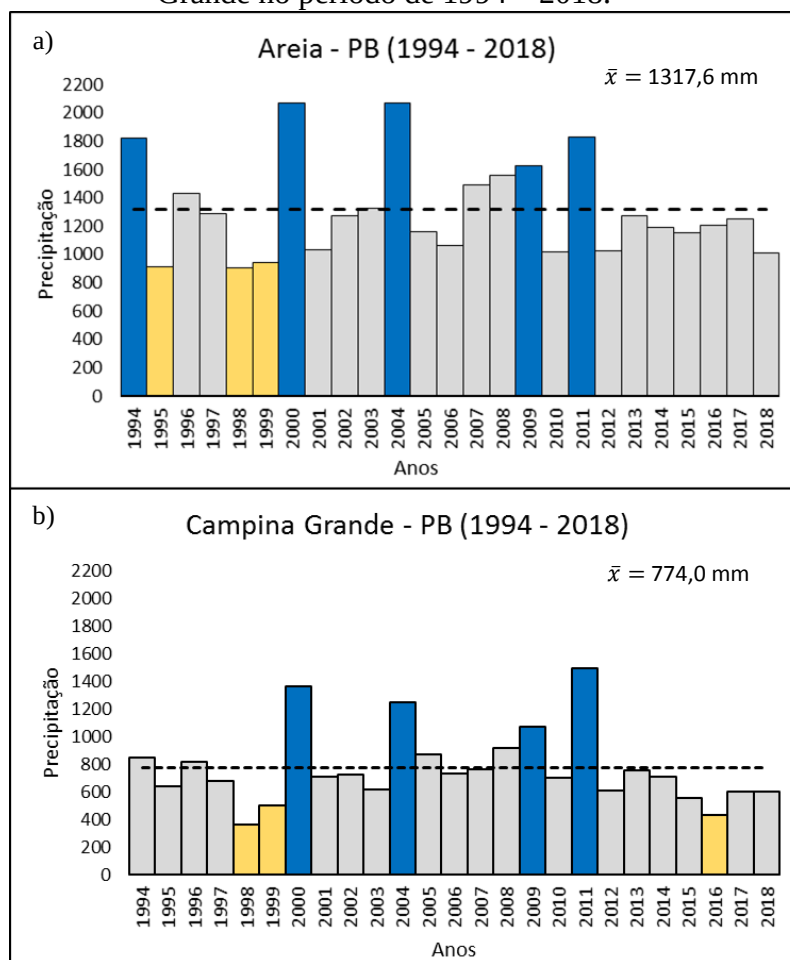
Os eventos do ENOS (El Niño e La Niña) e o Dipolo da TSM no Atlântico Tropical (Dipolo Positivo ou Negativo) podem ser avaliados em conjunto devido ao seu caráter complementar, prevalecendo os efeitos do ENOS quando este é de intensidade forte. Do ponto de vista de Ferreira e Mello (2005), os efeitos de fraca precipitação acarretados pelo El Niño

⁵ O ENOS é um fenômeno oceânico e atmosférico. Sua caracterização é baseada na anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) do Pacífico Equatorial. O mesmo é caracterizado em duas fases: quando as anomalias forem positivas (temperatura maior que a média), define-se o evento El Niño, por outro lado, anomalias negativas, caracteriza-se o evento La Niña.

(fase quente do fenômeno ENOS) são intensificados quando ocorre o dipolo positivo do Atlântico, o acontecimento mútuo destes dois eventos resulta em anos bastante secos. Da mesma forma, quando associados aos anos de dipolo negativo, os episódios de La Niña (fase fria do fenômeno ENOS) são naturalmente responsáveis por anos chuvosos.

Diante desse fato, a análise da precipitação em escala interanual pode ser visualizada por meio da Figura 8, onde os anos caracterizados secos e chuvosos foram identificados a partir do desvios-padrões. Totais pluviométricos anuais em que o valor se encontra entre os dois desvios padrão ($\bar{x} - \delta \leq \bar{x} \leq \bar{x} + \delta$) são considerados normais, e superior, ou inferior, aos mesmos, chuvoso e seco, respectivamente.

Figura 8 – Distribuição interanual da precipitação nos municípios de a) Areia e b) Campina Grande no período de 1994 – 2018.



Fonte: elaboração própria (2019).

Nota: As cores amarela e azul referem-se aos anos secos e chuvosos, respectivamente. A linha tracejada é a média para cada município.

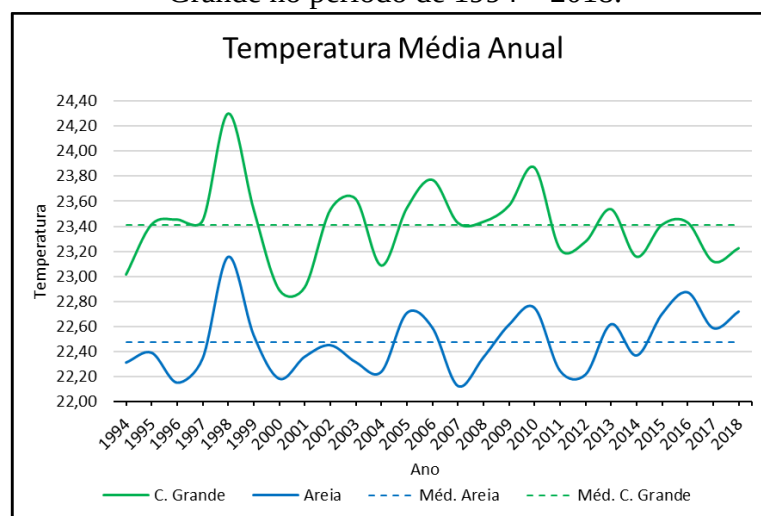
A Figura 8a identifica cinco anos em que as chuvas foram acima do esperado em Areia: 1994, 2000, 2004, 2009 e 2011. Para esses anos as chuvas foram, em média, 43% maiores, onde as maiores aconteceram nos anos 2000 (2.069,0 mm) e 2004 (2.067,4 mm). Por outro lado, os

anos de 1995, 1998 e 1999 foram os mais secos do período, em média de 30%, sendo o mais seco o de 1998, com 907,9 mm.

Os mesmos anos chuvosos, exceto 1994, são apontados para Campina Grande (Figura 8b), com 67% de chuva a mais em relação à média, destacando o ano de 2011 (1.495,4 mm), enquanto para os anos mais secos, o menor índice é de 1998 (365,1 mm), e a redução do índice pluviométrico alcança 44% em média nos anos de 1998, 1999 e 2016.

Em adição aos resultados da precipitação, os valores das temperaturas médias anuais são apresentados na Figura 9, onde claramente vê-se que Campina Grande e Areia tiveram as maiores médias de temperaturas no ano de 1998, com valores de 24,3°C e 23,2°C, respectivamente. Outros anos mais quentes foram os de 2010 para Campina Grande e 2016 para Areia.

Figura 9 – Distribuição interanual da temperatura média nos municípios de Areia e Campina Grande no período de 1994 – 2018.



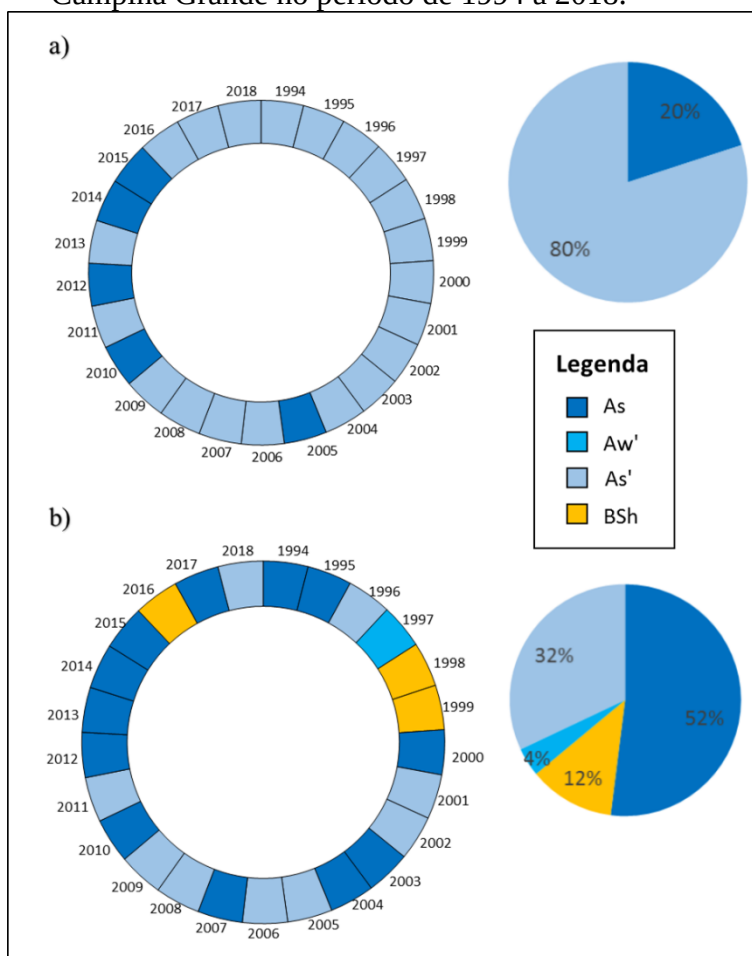
Fonte: elaboração própria (2019).

Trabalhos como os de Salles et al. (2018), Silva (2017) e Kayano et al. (2016), mostram que eventos de El Niño mais intensos aconteceram nos biênios 1997/1998, o mais forte registrado no século XX, e 2015/2016, os quais não foram acompanhados por um Dipolo positivo da TSM, e sim negativo, indicando a prevalência do evento ENOS. Já os biênios 1999/2000 e 2010/2011 apresentaram eventos de La Niña moderados e intensificados pelo Dipolo negativo da TSM.

5.3. Tipo de Clima Anual pela a Classificação Köppen-Geiger

As classificações climáticas pelos dois métodos abordados (Köppen-Geiger e Thornthwaite) foram realizadas a partir das séries de precipitação acumulada mensal e temperatura média compensada mensal da Normal Climatológica mais recente (1981 a 2010) para os dois municípios. Quanto ao método de Köppen-Geiger, os resultados foram idênticos para as duas localidades em estudo, sendo classificadas como As' (quente e úmido, com chuvas de outono e inverno), verificados nas análises da precipitação e temperatura da Seção 5.1, e também constatados por diversos autores como Cunha, Rufino e Ideião (2009), Hoffmann et al. (2009), Oliveira et al. (2011), Silva et al. (2012), Moraes Neto et al. (2019). Partindo deste ponto, a aplicação do método, considerada então, de forma mais dinâmica é vista na Figura 10.

Figura 10 – Tipo de Clima Anual pelo método de Köppen para os municípios de a) Areia e b) Campina Grande no período de 1994 a 2018.



Fonte: elaboração própria (2019).

A Figura 10 apresenta a frequência de TCA para o período em análise (1994 a 2018). É possível observar como o aspecto da variabilidade anual do “clima”⁶ se comporta, tornando possível perceber se o clima de Köppen condiz verdadeiramente com o tipo de clima anual mais frequente. Esta hipótese é aceita quanto ao município de Areia (Figura 10a), onde o clima corresponde ao TCA mais ocorrente (As’) com 80% dos casos, enquanto os 20% restantes tem clima anual definido como As (chuvas de inverno, estação seca de verão).

Contudo, Dubreuil et al. (2018b) perceberam que, para um número expressivo de estações pluviométricas no Brasil, o tipo de clima mais ocorrente não reflete o clima médio. Esta situação pode ser observada similarmente no município de Campina Grande (Figura 10b), onde o clima médio As’ encontrado na normal corresponde apenas ao segundo TCA mais frequente (32%), incluindo também os tipos BSh (quente e seco, com precipitação anual até 760 mm) e Aw’ (quente e úmido, com chuvas de verão e outono) que tem 12% e 4% de incidência, respectivamente, além de As (52%).

5.4. Tipo de Clima Anual pela Classificação de Thornthwaite

A classificação do clima do período de 1994 a 2018 pelo método de Thornthwaite para o município de Areia - PB resultou no tipo B₁rB’₄b’₄, que se traduz por clima úmido de primeiro grau⁷ sem deficiência de água e mesotérmico de quarto grau com concentração de ET_p entre 48% e 51,9% no verão. Este “clima” especificamente é observado no TCA de apenas dois anos da série (2002 e 2003).

Foi encontrado um total quinze TCA, dos quais dez manifestaram-se uma única vez entre os 25 anos. Cinco tipos de “clima” abrangeram 60% dos anos estudados, com destaque para o tipo C₂sB’₄b’₄ com maior incidência entre os anos (24%). O sufixo deste SCC (terceira e quarta chaves), responsável por representar a expressividade da incidência térmica, revela-se quase unânime no período com 96%, ou 24 dos 25 anos em estudo. A Tabela 11 apresenta a incidência de TCA encontrado em Areia - PB.

⁶ Será utilizada a denominação “clima” (entre aspas) para se referir aos resultados do TCA, visto a definição de clima na seção 3.6. e nota de rodapé 1.

⁷ A nomenclatura não oficial “grau” é referente aos índices dos símbolos nas chaves. Esses índices apontam a intensidade do tipo climático.

Tabela 11 – Frequência de TCA para o município de Areia – PB.

Tipo Climático	Interpretação	Anos	Frequência (%)
A _w B' ₄ b' ₄	Super-úmido, déficit hídrico de inverno, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2004	4
B _{1r} B' ₄ b' ₄	Úmido 1º grau, sem déficit hídrico, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2002 e 2003	8
B _{1s} B' ₄ b' ₄	Úmido 1º grau, déficit hídrico de verão, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	1997, 2013 e 2017	12
B _{1s2} B' ₄ b' ₄	Úmido 1º grau, alto déficit hídrico de verão, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2005	4
B _{2r} B' ₄ b' ₄	Úmido 2º grau, sem déficit hídrico, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	1996 e 2007	8
B _{2s} B' ₄ b' ₄	Úmido 2º grau, déficit hídrico de verão, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2008 e 2009	8
B _{3s} B' ₄ b' ₄	Úmido 3º grau, déficit hídrico de verão, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	1994	4
B _{4r} B' ₄ b' ₄	Úmido 4º grau, sem déficit hídrico, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2000	4
C _{2r} B' ₄ b' ₄	Sub-úmido, sem déficit hídrico, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2014	4
C _{2s} B' ₄ b' ₄	Sub-úmido, déficit hídrico de verão, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2001, 2006, 2011, 2012, 2015 e 2018	24
C _{2w} B' ₄ b' ₄	Sub-úmido, déficit hídrico de inverno, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2016	4
C _{2s2} B' ₄ b' ₄	Sub-úmido, alto déficit hídrico de verão, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	1995	4
C _{1d} B' ₄ b' ₄	Sub-úmido Seco, sem excedente hídrico, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	1999	4
C _{1w} B' ₄ b' ₄	Sub-úmido Seco, excedente hídrico de verão, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2010	4
C _{1wA'} a'	Sub-úmido Seco, excedente hídrico de verão, megatérmico, com menos de 48% da ETp no verão	1998	4

Fonte: elaboração própria (2019).

O TCA mais frequente no município de Campina Grande é o C₁dA'a', clima sub-úmido seco, sem excedente hídrico, megatérmico e com ETp de verão abaixo de 48%, e que corresponde ao clima para esta localidade pelo SCC de Thornthwaite. Este TCA é manifestado em catorze anos (não consecutivos). Os resultados da classificação para Campina Grande (Tabela 12) apresentaram um número consideravelmente menor de TCA (8) em comparação aos resultados de Areia (15).

Tabela 12 – Frequência de TCA para o município de Campina Grande – PB.

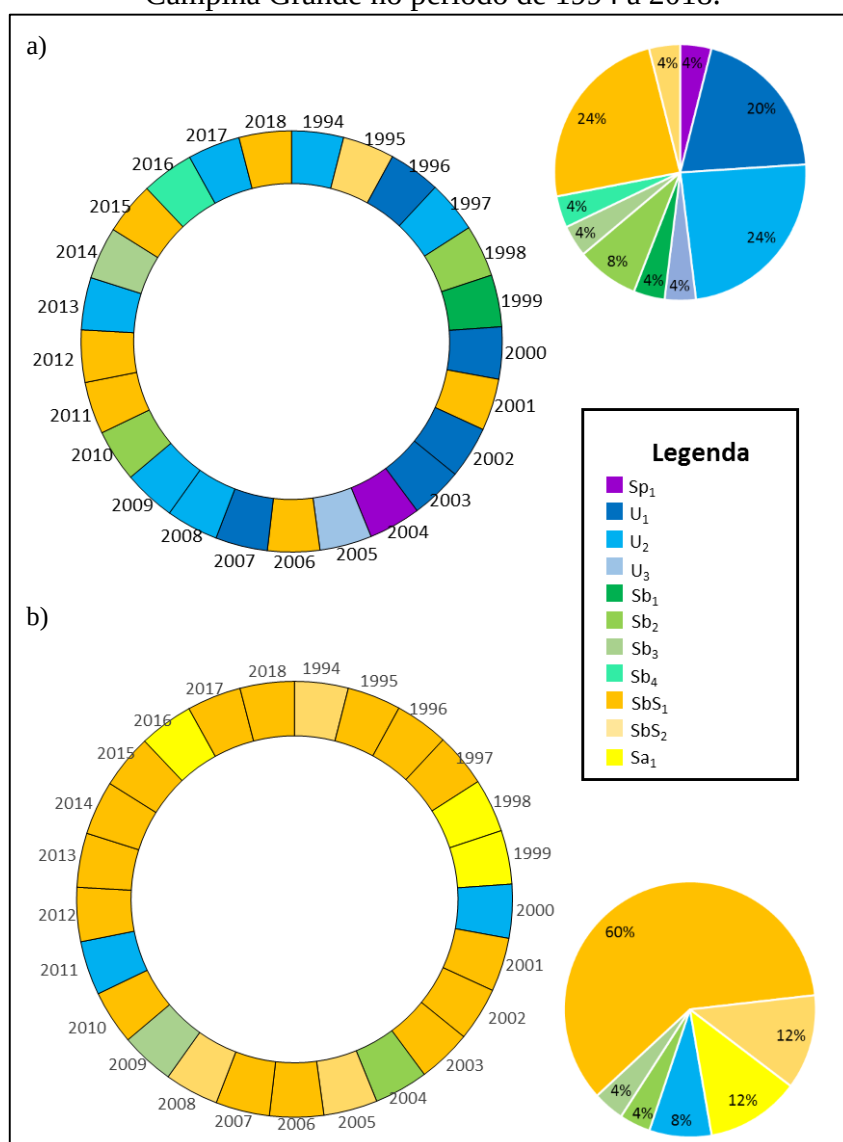
Tipo Climático	Interpretação	Anos	Frequência (%)
B ₁ sA'a'	Úmido 1º grau, déficit hídrico de verão, megatérmico, com menos de 48% da ETp no verão	2011	4
B ₁ sB' ₄ b' ₄	Úmido 1º grau, déficit hídrico de verão, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2000	4
C ₂ sA'a'	Sub-úmido, déficit hídrico de verão, megatérmico, com menos de 48% da ETp no verão	2009	4
C ₂ wA'a'	Sub-úmido, déficit hídrico de inverno, megatérmico, com menos de 48% da ETp no verão	2004	4
C ₁ dA'a'	Sub-úmido Seco, sem excedente hídrico, megatérmico, com menos de 48% da ETp no verão	95, 96, 97, 02, 03, 06, 07, 10, 12, 13, 14, 15, 17 e 18	56
C ₁ wA'a'	Sub-úmido Seco, excedente hídrico de verão, megatérmico, com menos de 48% da ETp no verão	1994, 2005 e 2008	12
C ₁ dB' ₄ b' ₄	Sub-úmido Seco, sem excedente hídrico, mesotérmico 4º grau, entre 48% e 51,9% da ETp no verão	2001	4
DdA'a'	Semi-árido, sem excedente hídrico, megatérmico, com menos de 48% da ETp no verão	1998, 1999 e 2016	12

Fonte: elaboração própria (2019).

Percebe-se também que os “climas” secos (C₁ e D) incidem em 84% dos anos, sendo apenas 4 anos restantes, ou 16% dos anos, classificados nas categorias úmidas (B₁ e C₂). Apesar do que se possa pensar, devido ao fato de que a grande maioria dos anos está classificada como seca, ao considerarmos a temperatura média para Campina Grande (23,5 °C), o indicativo é que a incidência de “climas” secos está mais vinculada à escassez de precipitação que a incidência térmica anual ou no verão, uma vez que o índice da concentração da ETp no verão aponta que menos de 48% da evapotranspiração acontece nesse período.

Devido à grande variedade de classificações como observado no Apêndice III, foi realizada uma síntese para melhor discussão (Figura 11) onde todos os tipos de “clima” da classificação de Thornthwaite são agrupados de acordo com sua nomenclatura principal (super-úmido, úmido, seco, etc.) para a primeira e segunda chave e não de acordo com seu tipo específico (úmido 1º, úmido 2º, úmido 3º, etc.). Levando também em consideração o fato de que a incidência térmica é praticamente constante, a terceira e quarta chave não foram utilizadas nesta síntese.

Figura 11 – Tipo de Clima Anual pelo método de Köppen para os municípios de a) Areia e b) Campina Grande no período de 1994 a 2018.



Fonte: elaboração própria (2019).

Nota: Sp₁ = super-úmido com moderada deficiência de inverno, U₁ = úmido sem def. hídrica, U₂ = úmido com moderada def. hídrica de verão, U₃ = úmido com intensa def. hídrica de verão, Sb₁ = sub-úmido sem def. hídrica, Sb₂ = sub-úmido com moderada def. hídrica de inverno, Sb₃ = sub-úmido com moderada def. hídrica de verão, Sb₄ = sub-úmido com intensa def. hídrica de inverno, SbS₁ = Sub-úmido Seco sem excedente hídrico, SbS₂ = Sub-úmido Seco com moderado exc. no verão, Sa₁ = Semiárido sem excedente hídrico.

Percebe-se, portanto, que em Campina Grande a grande maioria dos anos apresenta-se em alguma das categorias secas, sendo perceptível a tendência em ter anos com tipo de “clima” mais sub-úmidos secos e sem excedente hídrico (60% dos anos), enquanto as categorias que indicam maior umidade são reduzidas a dois anos distantes, por assim dizer, entre si. O município de Areia apresenta uma caracterização muito mais úmida que seca, na qual as classes úmidas (U_1 , U_2 e U_3) são responsáveis por 48% dos anos. Contudo, os últimos oito anos se apresentam bem inclinados às categorias sub-úmidas e sub-úmidas secas.

5.5. Análises sobre os critérios de delimitação do Semiárido

Considerando o princípio da contiguidade, são quatro os critérios utilizados para delimitação do semiárido brasileiro apresentados pelo Relatório Final do GT - 2014. No que concerne a este trabalho, e o que pode ser analisado, serão tecidas considerações sobre o critério que classificam o município como semiárido, ou seja, se este possuir precipitação pluviométrica média de até 800 mm e o que classifica se o índice de aridez do método de Thornthwaite tiver valor menor ou igual a 50%. Vale ressaltar que não foi intuito analisar o percentual diário de deficiência hídrica, que também é um dos parâmetros de análise.

No tocante aos valores médios de precipitação, o critério é replicado e verificado muito facilmente, e, nesse sentido, repara-se que, tanto para a normal climatológica quanto para a normal provisória, apenas o município de Campina Grande acha-se apto, de acordo com o critério supracitado em relação ao volume de chuvas, uma vez que a precipitação média em Areia não foi menor que 1.300 mm em nenhuma das normais.

Todavia, tomando como base o critério índice de aridez de Thornthwaite ter valor menor ou igual a 50%, cria-se um contrassenso, gerando dúvidas e reflexões, pois esse parâmetro não expressa, em sua concepção, a caracterização de um clima seco. Primeiramente, como apresentado na Seção 4.5, o índice de aridez é o quociente em porcentagem da deficiência de hídrica anual pela evapotranspiração potencial em climas úmidos, ou seja, este parâmetro indica a estação em que o ano úmido é mais seco e o grau de intensidade.

Nesse sentido, a limitação de até 50% implica que todo valor menor para o índice de aridez classifica a localidade como semiárido, quando na verdade, segundo a classificação de Thornthwaite, valores até 16,7% possuem pouquíssima ou nenhuma deficiência hídrica. Em contraponto, pode se entender que os índices acima de 50% não são tidos como semiárido,

porém, a Tabela 6, seção 4.5, aponta que valores acima de 33,33% para o índice de aridez pelo método de Thornthwaite indicam grande deficiência.

Estas considerações poderiam sugerir que a avaliação do índice de aridez de Thornthwaite para delimitação do semiárido brasileiro foi feita de forma equivocada, a não ser, entretanto, pelo fato de que o referido relatório do GT – 2017 apontar, em seu Anexo 3, que o critério avaliado passa a adotar outro método que tem como base o conceito de “índice de aridez” introduzido por Thornthwaite, mas adaptado por Penman em 1953.

Esse método também é indicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 1992), configurando o índice como a razão entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial, com limites para aridez apresentados no Tabela 13.

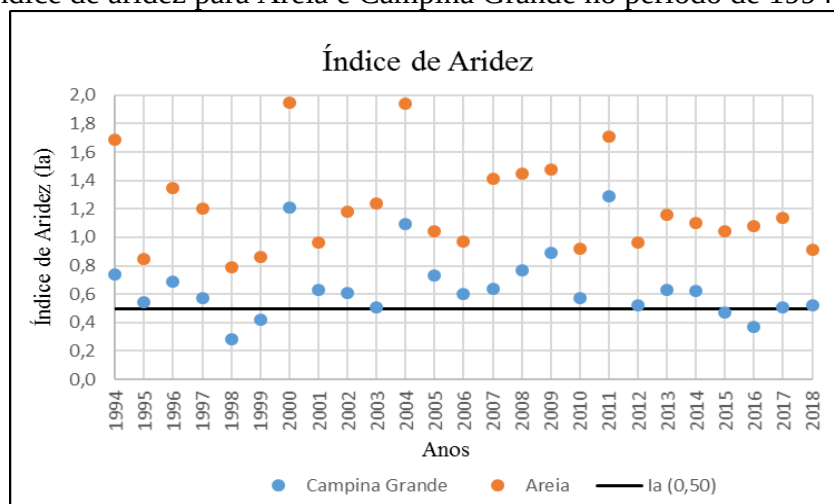
Tabela 13 – Classificação climática com base no índice de aridez.

Índice de aridez	Classificação
$IA < 0,05$	hiper árido
$0,05 < IA < 0,20$	árido
$0,20 < IA < 0,50$	semi-árido
$0,50 < IA < 0,65$	sub-úmido seco
$0,65 < IA < 1,00$	sub-úmido úmido
$IA > 1,00$	úmido

Fonte: adaptado de MI (2017).

Esse índice é bastante utilizado, principalmente, na determinação de áreas susceptíveis à desertificação, como observados nos trabalhos de Barros (2010), Lopes et al. (2018) e Vilar e Medeiros (2019). Diante destes fatos, calculou-se o índice de aridez para os dois municípios a partir deste índice de aridez de Penman (em muitos trabalhos chamados de índice de aridez de Thornthwaite sem nenhum adendo sobre a modificação) para cada ano (Figura 12)

Figura 12 – Índice de aridez para Areia e Campina Grande no período de 1994 a 2018.



Fonte: elaboração própria (2019).

Observa-se, portanto, que pela variabilidade anual, o município de Areia não é classificado como semiárido a partir da análise deste índice de aridez. O mesmo se aplica a Campina Grande, onde apenas quatro anos (ressalta-se que são os anos de menor precipitação em Campina Grande) estão abaixo da linha que marca $Ia = 0,5$. Os valores do índice de aridez para a Normal Climatológica de 1981 – 2010 são: $Ia = 1,25$, para Areia, e $0,65$ para Campina Grande.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos por este trabalho, é possível atestar que os municípios de Campina Grande e Areia têm características condizentes referentes à precipitação e temperatura com os fatores onde estão localizados (latitudes, proximidade ao oceano, altitude, relevo, dentre outros), apresentando alta variabilidade mensal da precipitação, com mais de 50% dos volumes pluviométricos anuais ocorrendo nos meses de abril a julho. A temperatura média mensal tem baixa variação, com amplitude térmica de 3,1°C em Areia e de 3,2°C em Campina Grande, sendo Campina Grande, em média, um grau mais quente que Areia.

Quanto aos totais anuais médios da precipitação, o município de Areia (1317,6 mm) apresenta 70% maior que a de Campina Grande (774,0 mm). Mesmo estando localizados sobre o Planalto da Borborema, é perceptível as discrepâncias nas variáveis analisadas dos municípios, ainda que os mesmos distem apenas 50 quilômetros entre si. O fator circunstancial que causa essa diferença pluviométrica está relacionado à posição orográfica de Areia, mais a barlavento que Campina Grande, recebendo assim mais influência dos ventos alísios de sudeste, o que acarreta uma característica mais úmida ao município.

Foi demonstrado também que os anos mais secos e mais chuvosos, de acordo com as médias dos municípios, foram basicamente os mesmos. Segundo a literatura apresentada, este fato relaciona-se com eventos extremos do fenômeno ENOS associados ao comportamento do Dipolo da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico, e assim é possível perceber a influência destes eventos nos anos de menores precipitações anuais (1998 e 2016) e de maiores (2000 e 2011).

As classificações do clima realizadas através dos métodos empíricos corroboram com o encontrado na literatura. Entretanto, quando se dá um caráter mais dinâmico aplicando a técnica do TCA tem-se que, por se tratarem de médias climatológicas, nem todos os anos apresentam os tipos de “climas” correspondentes ao clima normal. Foi possível evidenciar ainda que os climas das localidades não necessariamente correspondem ao TCA mais frequente.

Dessa forma, uma vez que o TCA se apresenta como uma ferramenta útil para promover maior dinâmica aos estudos climatológicos, baseada em métodos empíricos largamente utilizados ao longo do tempo, e fazendo uso dos dados climáticos disponibilizados em escalas mais abrangentes que a diária, permitindo ainda a sua utilização como instrumento de observação das inclinações climáticas de uma região, este instrumento propõe a identificação

do clima mais preciso de uma localidade como sendo o mais frequente encontrado em um período de tempo abrangente.

Por fim, é observado que, dos dois municípios estudados, apenas um satisfaz algum dos dois critérios comentados na seção anterior e que a SUDENE também toma como base para a delimitação do semiárido. Ressalta-se que para ser classificado como semiárido, um município precisa atender a pelo menos um dos critérios elencados ou ser incorporado pelo critério da contiguidade. Todavia, faltam informações mais detalhadas nos relatórios, ou nas resoluções, quanto à metodologia utilizada e de forma que se esclareça como é realizada a delimitação.

Diante disso, tem-se que os municípios que já faziam parte da delimitação anterior do semiárido, em 2005, como Campina Grande, foram mantidos na mais recente. A justificativa usada para a inclusão de Areia, em 2017, é o atendimento por parte do município a algum dos critérios técnicos elencados. Contudo, o município de Areia não atende a dois dos três critérios utilizados, não sendo avaliado o critério do percentual de déficit hídrico diário, mas evidenciando que o município não apresenta problemas hídricos ao longo dos períodos estudados.

O que pode ser inferido, portanto, é que Areia, como muitos municípios no entorno do semiárido, fazem parte da zona de influência do mesmo e são afetados pelo fenômeno da semiaridez de forma econômica e social, e ainda mais intensamente diante das estiagens que acometeram a região no período estudado. Por conseguinte, este fato é o principal aspecto que torna um município apto a integrar o semiárido pelo princípio da contiguidade, que tem como por objetivo evitar a descontinuidade geográfica do semiárido e as dissensões nas políticas de gestão e combate à seca.

7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. S. **Implantação de tecnologias sociais voltadas para agricultura familiar como ação de convivência com o semiárido**. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- ALBUQUERQUE, S. G.; BANDEIRA, G. R. L. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, p. 885-891, 1995.
- ALMEIDA, R. B.; CASTRO, M. B. Espacialização da dengue: indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 45, n. 1, p. 200-213, 2019.
- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., DE MORAES GONÇALVES, J.L. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711–728, 2013.
- ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, F.X.; NASCIMENTO, I. S.; FABRICANTE, J. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Análise florística e estrutural de matas ciliares ocorrentes em brejo de altitude no município de Areia, Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 31-40, 2006.
- ANDRADE-LIMA, D. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 4, p. 243-274, 2007.
- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os Trópicos. 3ª Edição. **Editora Bertrand Brasil**, 1996.
- BARACHO, R. C. M.; FILHO, A. I.; GONÇALVES, A.; NUNES, S. T. S.; BORGES, P. F. A influência climática na proliferação da dengue na cidade de Areia, Paraíba. **Revista Gaia Scientia**, v.8, 2014.
- BARBOSA, L. J. N.; OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, W. E.; SILVA, J. E. L.; OLIVEIRA A. N. P. Produção de rizóforos comerciais de inhame em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.73-76, 2007.
- BARROS, K. O. **Índice de aridez como indicador da susceptibilidade à desertificação na mesorregião norte de Minas**. Monografia (Geografia). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2010.
- BRASIL. **Ministério da Integração Nacional/SDR**. Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semiárido Nordeste e do Polígono das Secas. Ministério da Integração Nacional, Brasília. 2005.
- BRASIL. **Ministério da Integração Nacional/SDR**. Relatório Final Grupo de Trabalho delimitação do Semiárido. Ministério da Integração Nacional, Brasília. 2017.
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Redelimitação do semi-árido nordestino. 2018. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/geonetwork/srv/brmetadata.show?id=72>
Acesso em: 11/09/2019.

BRISSE, H., GRANDJOUAN, R. DE RUFFRAY, P. Les types de climats annuels, un mode d'expression des gradients climatiques intégrant les variations interannuelles. **La Météorologie**, 1^{re} série, 31, 39–81, 1982.

BURMAN, R.D.; NIXON, P.R.; WRIGHT, J.L.; PRUITT, W.O. Water requirements. In: JENSEN, M.E. (Ed.) **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1983. p.189-232.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. **Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial**. Bragantia, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.

CARVALHO, A. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, C. S.; SILVA, T. G. F. Zoneamento agrometeorológico da moringa para o Estado de Pernambuco em condições atuais e projeções futuras. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 194-202, 2017.

CARVALHO, F. A. F. CARVALHO, M. G. F. **Atlas Geográfico do estado da Paraíba**. João Pessoa, Grafset, UFPB, 1982.

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**, Brasil, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

CAVALCANTI, E.P. e SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. **VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia**. Sociedade Brasileira de Meteorologia. Belo Horizonte, outubro de 1994. 154-157. 1994.

CANEPELE, L. B. **Variação microclimática influenciada pela topografia e urbanização**. DISSERTAÇÃO (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, UFMG, Cuiabá, Mato Grosso, 2018.

CONFALONIERI, Ulisses E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Revista Terra Livre**, ano 19, vol.1, n. 20, jan/julho 2003, pp.193-204.

COSTA, M. N. M.; MEDEIROS, R.M; GOMES FILHO, M. F. Flutuação da Temperatura Máxima, Mínima e Média do Ar no Município de Matinhas – Paraíba, Brasil. In: **II Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro**, 2015, Campina Grande - PB. II Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro. Campina Grande - PB: Realize, 2015. v. 1.

COSTA, R. B. S. **A influência da cultura canavieira na formação socioespacial de localidades periféricas no município de Areia-PB: o caso do Distrito de Santa Maria**. TCC (Geografia) – Curso de Licenciatura Plena em Geografia, Centro de Educação, UEPB, Paraíba, 2015.

COUTINHO, M. D. L.; COSTA, M. S.; SILVA, A. R.; SANTOS, T. S.; GOMES, A. C. S.; MORAIS, M. D. C.; SANTOS, P. V. Balanço hídrico mensal para dois municípios do estado da Paraíba. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 160-170, 2015.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, v.14, n.1, p. 1-11, 2009.

CUNHA, D. G. F.; VECCHIA, F. As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 137 - 149, 2007.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; IDEIÃO, S. M. A. Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir de imagens do satélite Landsat 5-TM. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 14, p. 5717-5724, 2009.

DA SILVA, B. F., BASTOS, M. S., FARIAS, T. E. F., O impacto ambiental do espaço construído: estudo de caso em Florianópolis, **Revista Técnico-Científica do IFSC**, Florianópolis, SC, v. 4, n. 2, 14p., dez., 2014.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 3, p. 1446-1456, 2018a.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 37, 2018b.

FARIAS, C. S. S. **Ensino de Geografia e Organização de Conteúdos: Abordagem dos Aspectos Físicos e Humanos da Região Semiárida no Ensino Médio**. 60 f. MONOGRAFIA (Licenciatura) - Curso de Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

FERREIRA, A.C. A. **O descuido de se tombar: a importância da paisagem cultural dos engenhos de cachaça e rapadura como patrimônio do município de Areia**. DISSERTAÇÃO (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPB, Paraíba, 2010.

FERREIRA, W. P. M.; SOUZA, C. F. **Caracterização climática das séries temporais de temperatura e precipitação pluvial em Sete Lagoas, MG**. 2011.

FERREIRA, A.; MELLO, N. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, (Vol. 1, No. 1), pp.15 – 28, 2005.

FRANCISCO, P. R. M.; BANDEIRA, M. M.; SANTOS, D.; PEREIRA, F. C.; GONÇALVES, J. L. G. Aptidão Climática da Cultura do Feijão Comum (*Phaseolus Vulgaris*) para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D. Oscilações pluviométricas dentre os regimes diferenciados de precipitação no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.6, p.360-371, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SANTOS, D. S.; SABOYA, L. M. F. Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, 2017.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. Variabilidade da temperatura média do ar no Estado da Paraíba-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 01, p. 128-135, 2015.

GOMES, L. C. F.; SILVA, G. J. F.; FERREIRA, J. A.; ARAÚJO, M. H. M. C.; VILLAVICENCIO, L. M. M.; MONTEIRO, F. F. Incidência de doenças respiratórias em Campina Grande-PB: Uma análise por meio de sensoriamento remoto e geoestatística. In: **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

GUEDES FILHO, D. H. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Areia, Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 1, 2013.

HOFFMANN, R. B. et al. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 121-125, 2009.

JURCA, J. **Classificações climáticas: variações temporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agroclimático**. DISSERTAÇÃO (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V.; SOUZA, R. A. F.; GARCIA, S. R.; CALHEIROS, A. J. P. **El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos**. **Revista Climanalise**. Edição Comemorativa de, v. 30, p. 7-12, 2016.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2016.

LACERDA, A. V. BARBOSA, F. M., BARBOSA, M. R. V. Estudo do componente arbustivo-arbóreo de matas ciliares na bacia do rio Taperoá, Semiárido paraibano: uma perspectiva para a sustentabilidade dos Recursos naturais. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 331-340, 2007.

LIMA, J. R. L.; MARCATTO, C.; SOUZA, E. F. F.; BRONZATTO, L. A.; NASCIMENTO, M. P. R.; SANTANA, M. O.; QUADROS, R. M. B.; TRAJANO, V.A. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca-PAN BRASIL**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

LOPES, I.; MELO, J. M. M.; CARVALHO, A. A.; MOURA, G. B. A.; LEAL, B. G. Análise multivariada no estudo da variação do Índice de Aridez da Bahia e Pernambuco. **Agrometeoros**, v. 26, n. 1, 2018.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S.; DANTAS, F. R. C. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.

- MALVEZZI, R. Semi-árido: uma visão holística. **Brasília: Confea**, 2007. 140 p.
- MATOS, R. M.; MEDEIROS, R. M.; SILVA, P. F.; FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Classificação Climática e Aptidão Agroclimática de Culturas para Araruna-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2015, Fortaleza. Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2015. v. 1. p. 1-4.
- MARQUES, A. L.; SILVA, J. B.; SILVA, D. G. Refúgios úmidos do semiárido: um estudo sobre o brejo de altitude de Areia-PB. **Revista Geotemas**, v. 4, n. 2, p. 17-31, 2014.
- MARTINS, F. B.; GONZAGA, G.; SANTOS, D. F.; REBOITA, M. S. Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário Atual e Projeções Futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2018.
- MEDEIROS, R.M . Balanço Hídrico de conformidade Thorthwaite e Marthe 1948, 1955 em planilhas no Excel. 2009.
- MEDEIROS, R. M.; SILVA, J. A. S.; SILVA, A. O.; MATOS, R. M.; BALBINO, D.P. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a área produtora da banana do município de Barbalha, CE. **Revista Brasileira De Agricultura Irrigada-Rbai**, v. 7, n. 4, p. 258-268, 2013.
- MEDEIROS, R.M; BANDEIRA, M. M.; FRANCISCO, P. R. M. Caracterização e classificação climática do município de Campina Grande - PB para a produção da cultura da mandioca. In: **IV SIC - Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa/PB**. IV SIC - Simpósio Internacional de Climatologia, 2011.
- MENDES, C. C.; ARAÚJO JÚNIOR, I. T.; FERNANDES, A. P.; LYRA, D. M.; OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, C. G.; SILVA, N. B. A Paraíba no contexto nacional, regional e interno. **Texto para Discussão (IPEA. Brasília)**, v. 1726, p. 1-80, 2012.
- MONTEIRO, C.A.F.: Clima. in : **Geografia do Brasil: A grande região Sul**. IBGE, 1968.
- MONTEIRO, C. A. F. A Climatologia Geográfica no Brasil e a Proposta de um Novo Paradigma. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. A.; ZAVATTINI, J. A.; SANT'ANNA NETO, J. L. A. (Orgs.) **Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. Campinas: Alínea, 2015, 194p.
- MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Série Climatologia**, n.1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. **Série Teses e Monografias**, n.25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.
- MORAES NETO, J. M.; SENA, J. P. O; LUCENA, D. B. Eventos pluviais intensos e seus impactos em Campina Grande-PB. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, p. 69-77, 2019.
- NÓBREGA, R. S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 1, p. 18-22, 2010.

NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2019.

OLIVEIRA, F.X.; ANDRADE, L.A.; FÉLIX, L. P. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de Floresta Ombrófila Aberta com diferentes idades, no Município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 861-873, 2006.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda., 413p. 1981

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and earth system sciences discussions**, v. 4, n. 2, p. 439-473, 2007.

PENMAN, H.L. The Physical Bases of Irrigation Control, in: Hort. Congr. 2, London, **Royal Horticultural Society**, p. 913-924, 1953.

PEREIRA, A. B. S.. **Caracterização Geoambiental urbana da bacia hidrográfica do Riacho das Piabas em Campina Grande-PB**. Campina Grande, 2011. 45p.

PEREIRA, J. S. Nova delimitação do semi-árido brasileiro. Brasília, **Câmara dos Deputados**. (2007).

PLANCHON, O. AND ROSIER, K. Climat et variabilité climatique dans le NordOuest de l'Argentine: problèmes posés et analyse durant la deuxième moitié du vingtième siècle. **Annales de l'Association Internationale de Climatologie**, 2, 55–76, 2005.

QUÉNOL H., PLANCHON O., WAHL L. Méthodes d'identification des climats viticoles. **Bulletin de la Société Géographique de Liège**, 51, 127-137, 2008.

RAMALHO, M. F. J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, v. 25, n. 2, p. 104-115, 2013.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. 2009. 101 p. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SALES, M. F.; MAYO, S.J.; RODAL, M.J.N. Plantas vasculares das Florestas Serranas de Pernambuco: um Checklist da Flora Ameaçada dos Brejos de Altitude, Pernambuco, Brasil. **Recife: Imprensa Universitária** - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998. 130p.

SALLES, R. A.; SALES, R. A.; COSTA, T. S; OLIVEIRA, E. C. Influência dos Fenômenos El Niño e La Niña no Regime Pluviométrico Anual de Linhares, Espírito Santo. **30ª Seagro: Anais Da Semana Acadêmica Do Curso De Agronomia Do Ccae/Ufes**, 2018.

SAMPAIO, M. D.; ALVES, M. D.; CARVALHO, L. G.; SANCHES, L. Uso de Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Koppen-Geiger e de

Thornthwaite. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 8857-8864, abril de 2011.

SANDERSON M. The classification of climates from Pythagoras to Koeppen. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 669–673, 1999.

SANTANA, J. P. M. ; SILVA, B. B. G. ; PENNA, L. ; FIALHO, E. S. . Classificação Climática: Um Estudo Comparativo entre os Métodos de Köppen e Thornthwaite para o Município do Rio de Janeiro. In: **XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2005, São Paulo. Anais XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005.

SANTANA, M. O. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA/SRH/UFPB, 2007.

SANTOS, E.A. **Variabilidade no regime pluvial nas microrregiões do Sertão da Paraíba nos anos de El Niño Oscilação Sul**. Monografia (licenciatura). Licenciatura Plena em Geografia da Universidade Estadual da Paraíba-PB. 2012.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. Balanço Hídrico e Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite no Município de Feira de Santana (BA). *Geo UERJ*, n. 33, p. 34159, 2018.

SILVA JUNIOR, M. H. **Classificação Climática no Semiárido Brasileiro. 2016. 48 f.** TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

SILVA JUNIOR, M. H.; ROSENDO, E. E. Q.; FILGUEIRA, H. J. A.; SARMENTO, F. J.; SOUZA, B. I. Classificação climática de Thornthwaite: uma proposta de adaptação para a região semiárida brasileira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S.l.], v. 10, n. 6, p. 1760-1774, ago. 2017. ISSN 1984-2295.

SILVA, D. A. M.; MOURA, M. O. Registros de desastres associados à estiagem e seca na região do Alto Sertão da Paraíba. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 4, p. 126-136, 2018.

SILVA, R. F. **A relação cidade-campo em campina grande a partir da produção do algodão colorido**. DISSERTAÇÃO (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPB, Paraíba, 2011.

SILVA, J. B.; GUERRA, L.D.; IORIS, A. A.; GOMES, R. A. Conflitos sociopolíticos, recursos hídricos e programa um milhão de cisternas na região semiárida da Paraíba. *Novos Cadernos NAEA*, v. 18, n. 2, 2015.

SILVA, J. M. O. **Utilização de anos-padrão no estudo da variabilidade pluviométrica no município do Crato/Ceará**. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, p. 2060-2072, 2017.

SILVA, J. R. C. Erosão e produtividade do solo no Semi-árido. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E; SILVA, J. R. C. (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o Semiárido**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará: SBCS, 2000. p. 168-213.

SILVA, L. L.; COSTA, R. F.; CAMPOS, J. H. B. C.; DANTAS, R. D. Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 454-461, 2009.

SILVA, M. T.; SILVA, V. de P.R.; AZEVEDO, P. V. O cultivo do algodão herbáceo no sistema de sequeiro no Nordeste do Brasil, no cenário de mudanças climática. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 16, n. 1, 2012.

SILVA, V ; SOUSA, F ; CAVALCANTI, E.P. ; SOUZA, E ; DASILVA, B. B. Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, Canada, v. 68, n. 68, p. 781-792, 2006.

SILVA, V.P.R; ALMEIDA, R.S.R. Estudo do clima urbano na cidade de Campina Grande, PB. **Rev. de Ci. Da vida, RJ, EDUR**, v.32, n.1, jan/jun, p.31-44, 2012.

SPAROVEK, G; DE JONG VAN LIER, Q.; DOURADO NETO, D. Computer assisted Koeppen climate classification: a case study for Brazil. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 27, n. 2, p. 257-266, 2007.

TEMOTEO, K. K. S. **Avaliação das ocorrências de desastres hidrometeorológicos na Região Semiárida do Brasil**. Monografia (Bacharelado em Geografia) –Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.
the Köppen–Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, 15, 259–263, 2006.

THORNTHWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate**. **Geographical Review**, 1948, pp. 38-55

THORNTHWAITE, C. W., and MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**, 104 p., 1955

TRAVASSOS, I. B.; SOUZA, B. I.; SILVA, A. B. Secas, desertificação e políticas públicas no semiárido nordestino brasileiro. **Okara: Geografia em debate**, v. 7, n. 1, p. 147-164, 2013.

TREWARTHA, G.T. An Introduction to Climate. **New York: McGraw-Hill**, 1954. 402p.

UNEP. **United Nations Environment Programme. World Atlas of Desertification**. Londres: UNEP/Edward Arnold. 69 p., 1992.

VALADÃO, C E. A.; PRISCILLA T. O.; DARLAN M. S.; BRUCE K. N. S.; NAURINETE J. C. B., Washington L. F. C. F.; EDMIR S. J.; ALEXANDRE B. L.; ALEXANDRE S. S.; JOSÉ U. P.; ARTHUR M. **Classificação climática da Microrregião do Seridó/RN**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas. Natal. v. 20, 2010.

VAREJÃO-SILVA M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE M. H.; SILVA, B. B. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. UFPB, Campina Grande. (1984).

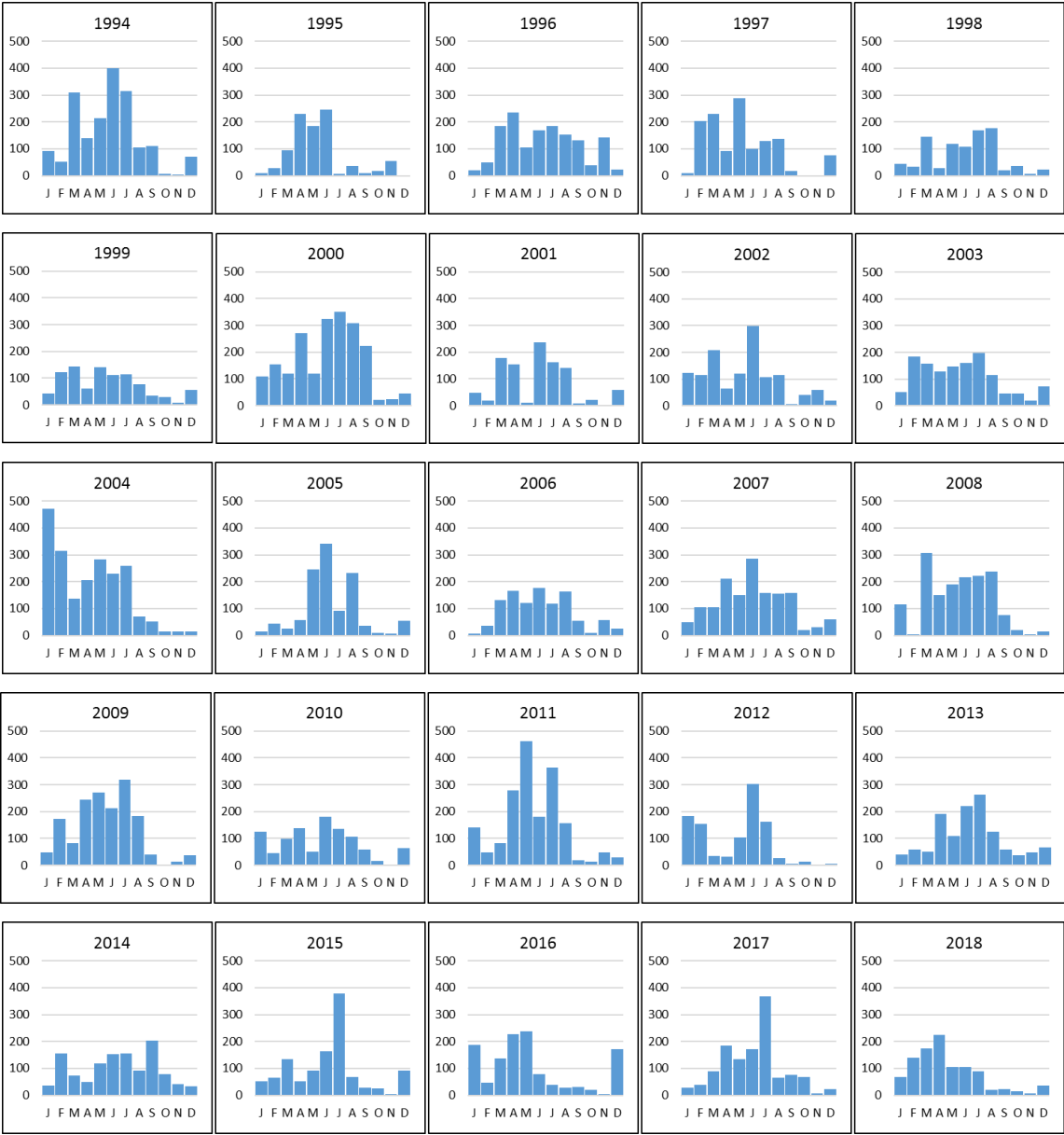
VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Engenharia Agrícola**, p. 713-721, 2005.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. **Viçosa, MG: UFV**, 1991. 449 P.

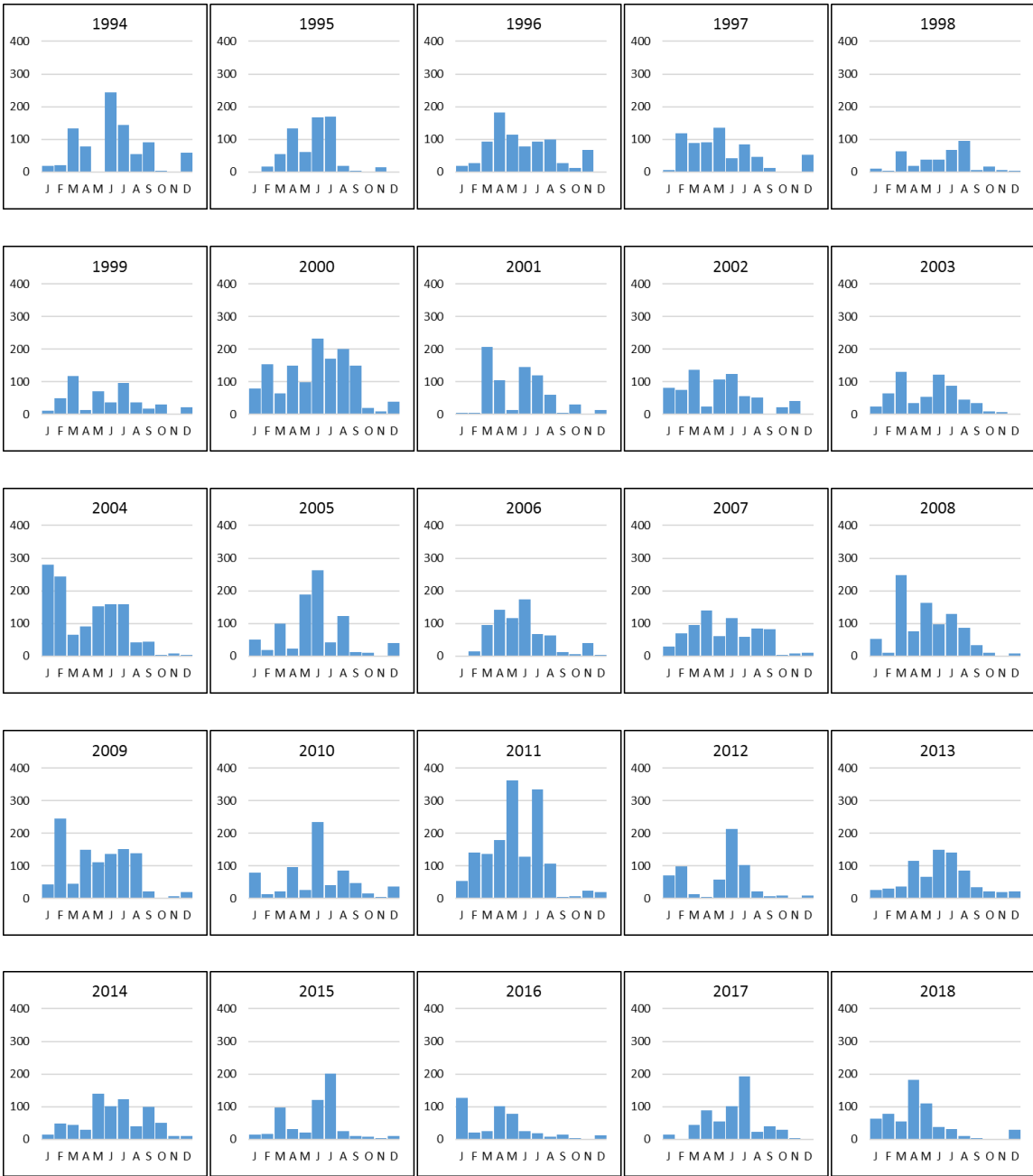
VILAR, H. N.; DE MEDEIROS, R. M. Índice de aridez na Zona da Mata no Estado de Pernambuco-Brasil. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 1, p. 014-020, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE I: Variabilidade mensal da precipitação em de Areia (1994-2018).



APÊNDICE II: Variabilidade mensal da precipitação em Campina Grande (1994-2018).



APÊNDICE III: Tipo de Clima Anual pelo método de Thornthwaite para os municípios de a) Areia e b) Campina Grande no período de 1994 a 2018.

