
Classificação climática da microrregião de Recife – PE**Climate classification of the microregion of Recife – PE****Clasificación Climática de la Microrregión de Recife – PE**Gabriel Victor Silva do Nascimento ¹ <http://orcid.org/0000-0002-0539-9183>Eberson Pessoa Ribeiro ² <http://orcid.org/0000-0001-8316-6505>Elvis Bergue Mariz Moreira ³ <http://orcid.org/0000-0001-6732-3005>

¹ Graduando em Geografia – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE – Recife-PE-Brasil, email: nascimento.gabriel@outlook.com.br

² Doutor em Geografia – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE - Recife-PE-Brasil Professor – email: ebersonpessoa@recife.ifpe.edu.br

³ Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco-UFPE- Brasil, Professor da Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB –Barreiras-BA-Brasil, email: elvis.moreira@ufob.edu.br

Resumo

Objetivou-se analisar as características climáticas e o regime hídrico anual da microrregião de Recife-PE. Foram utilizados valores mensais da precipitação de 1967 a 2017 de 8 estações. Para a realização do BHC foi adotado a CAD de 100 mm. Os resultados demonstraram períodos seco e chuvoso bem definidos com precipitação de 1.566 mm/ano e temperatura média do ar de 25,1°C, com amplitude de 3,3°C. Verificou-se diminuição gradual da precipitação, ETP, ETR, EXC e reposição hídrica, bem como um aumento da DEF no sentido leste-oeste. Esses parâmetros foram importantes para compreensão da alteração de umidade no solo e para obtenção dos tipos climáticos com base nos índices de umidade, aridez, hídrico e ETP do verão.

Palavras-chave: Evapotranspiração. Excedente hídrico. Deficiência hídrica.

Abstract

The aim of this study was to analyze the climatic characteristics and the annual water regime of the microregion of Recife-PE. For this, monthly rainfall values from 1967 to 2017 obtained from 8 weather stations were used. To perform BHC, 100 mm CAD was adopted. The results showed well-defined dry and rainy periods with precipitation of 1,566 mm / year and average air temperature of 25.1°C, with amplitude of 3.3 °C. Gradual decrease in precipitation, ETP, ETR, EXC and water replacement was observed, as well as an increase of east-west DEF. These parameters were important for understanding soil moisture changes and for obtaining climate types based on summer moisture, aridity, water and ETP indices.

Keywords: Evapotranspiration. Water surplus. Water deficiency.

Resumen

Se pretendió analizar las características climáticas y el régimen hídrico anual de la microrregión de Recife–PE. Se utilizaron valores mensuales de las precipitaciones de 1967 a 2017 de 8 estaciones. Para realizar el BHC se adoptó la CAD de 100 mm. Los resultados mostraron períodos secos y lluviosos bien definidos con precipitaciones de 1.566 mm/año y temperatura promedio del aire de 25,1°C, con amplitud de 3,3°C. Se verificó una disminución gradual de las precipitaciones, ETP, ETR, EXC y reposición hídrica, así como un aumento de la DEF en el sentido este–oeste. Esos parámetros fueron importantes para comprender la alteración de humedad en el suelo y para obtener los tipos climáticos basados en los índices de humedad, aridez, hídrico y ETP del verano.

Palabras clave: Evapotranspiración. Excedente hídrico. Deficiencia hídrica.

Recebido em: 14/04/2020

Aceito para publicação em: 30/06/2020

Publicado em 20/07/2020

Introdução

O Nordeste do Brasil (NEB) apresenta grande diversidade de climas devido aos diversos sistemas atmosféricos responsáveis pela distribuição das chuvas na região, bem como pela variabilidade interanual e intrasazonal. O NEB, em sua maior parte, tem escassez hídrica, contudo, em alguns locais, o problema não é o total anual de precipitação pluviométrica, que em média é elevada, mas sim a concentração em um período curto durante o ano (COUTINHO *et al.*, 2015). De tal modo, o monitoramento de períodos chuvosos e secos e da variabilidade espaço–temporal da precipitação é essencial para a gestão de recursos hídricos.

A estimativa do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) é imprescindível pela necessidade da racionalidade no uso dos recursos hídricos. Silva; Moura; Klar (2014) justificam a utilização do BHC para Pernambuco por existir uma escassez de estudos climáticos que não consideram os diferentes regimes pluviais. Portanto, o BHC se torna uma ferramenta importante de conhecimento do regime hídrico no sistema, fundamental para o planejamento territorial urbano (JESUS, 2015).

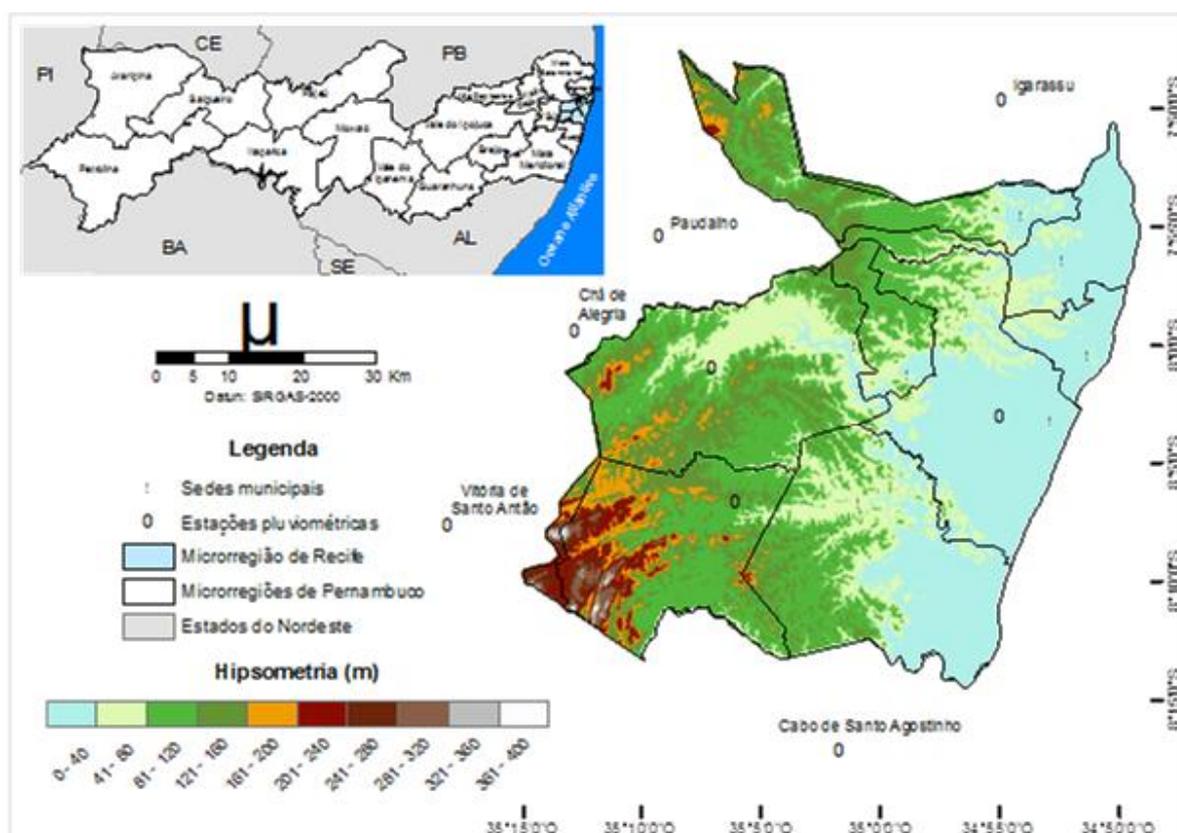
O BHC é uma técnica para fins de zoneamento agrícola, contudo, com o fim específico e funcional, também serve para classificar os tipos climáticos. É uma proposta de classificação de base estática que se difere da classificação de base dinâmica, sendo essencial

na determinação dos tipos de atividades com maior possibilidade de êxito. Deste modo, pelo Thornthwaite-Mather (1955), buscou-se analisar as características climáticas e o regime hídrico anual da microrregião de Recife – PE.

Materiais e métodos

A área pesquisada é a microrregião de Recife, localizada no centro da Mesorregião da Mata de Pernambuco. Os elementos de precipitação pluviométrica e temperatura do ar constituíram a base climatológica para a elaboração dos parâmetros pesquisados. Logo, foram utilizados nesta pesquisa os valores médios anuais da precipitação da série histórica de 1967 a 2017, de 8 estações pluviométricas distribuídas na microrregião (Mapa 1). Os dados foram obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Já para a obtenção dos dados médios anuais de temperatura do ar das estações foi empregado o software Estima_T, o qual estima temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006).

Mapa 1 – Localização da microrregião de Recife



Fonte: Elab. pelos autores (2020)

Antes de iniciar o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pelo método de Thornthwaite-Mather (1955), estimou-se evapotranspiração potencial (ETP) que segundo Thornthwaite (1948) pode ser calculada pela Equação 1:

Geopauta, Vitória da Conquista, ISSN: 2594-5033, V. 4, n. 2, 2020, (p. 124-143) <http://periodicos2.uesb.br/index.php/geo>

Este é um artigo de acesso aberto sob a licença Creative Commons da CC BY

$$ETP = f \cdot 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a \quad (1)$$

Em que: ETP é a evapotranspiração potencial corrigida; f é o fator de correção em função da latitude e mês do ano, no qual utilizou-se as referências mensais da latitude de 8° S (1,069; 0,953; 1,037; 0,985; 1,002; 0,962; 0,998; 1,011; 0,996; 1,049; 1,031; e 1,073); t é a temperatura média mensal (°C); I é o índice de calor anual; e "a" uma constante que varia de local para local. O índice de calor anual foi obtido pela Equação 2:

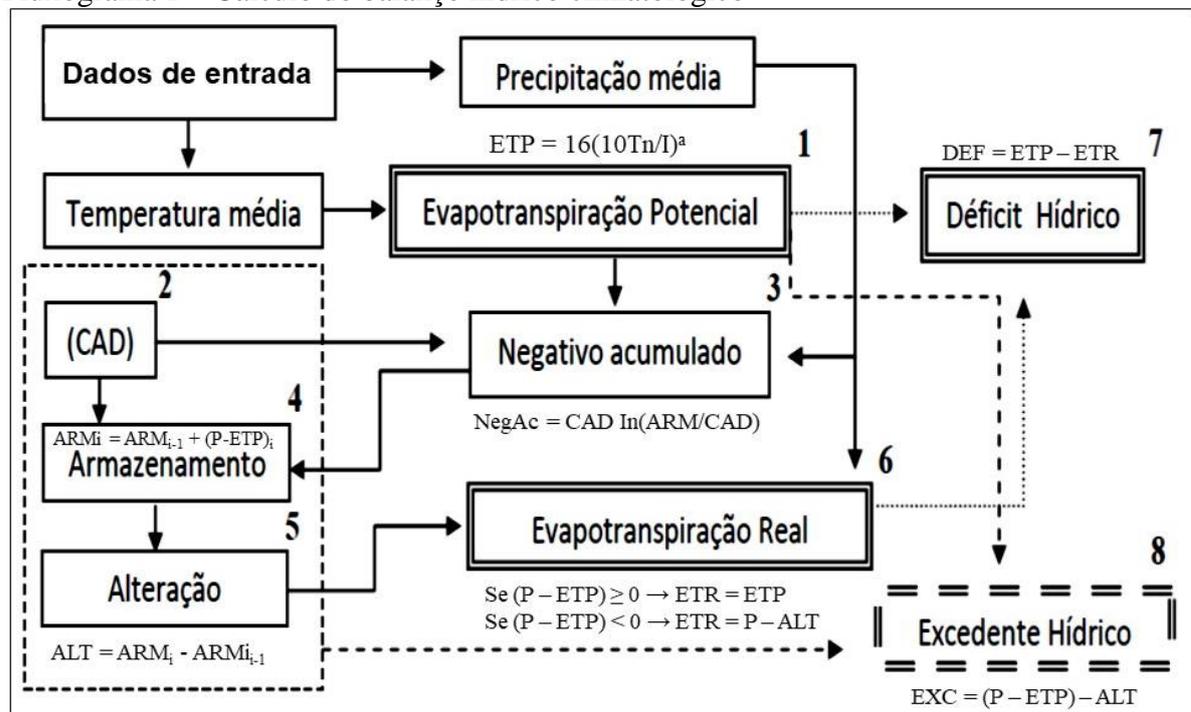
$$I = \sum_1^{12} \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (2)$$

sendo "a" uma função de I ; também é um índice térmico regional calculado pela Equação 3:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7292 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (3).$$

Salienta-se que foi adotado 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD), em função da profundidade média das raízes (cobertura vegetal) por tipo de solo (CECÍLIO et al., 2012). Os do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pelo método de Thornthwaite-Mather (1955) pode ser visualizado de forma genérica pelo Fluxograma 1.

Fluxograma 1 – Cálculo do balanço hídrico climatológico



Fonte: Adaptado de Cronemberger *et al.* (2011, p.5746)

Legenda: T_n = Temperatura mensal do ar; I = Índice térmico; a = constante que varia em função de I ; ETP = Evapotranspiração potencial; P = Precipitação; $P-ETP$ = Quantidade de água que permanece no solo (Precipitação - Evapotranspiração potencial); CAD = capacidade de água disponível; NegAc = Negativo acumulado; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração da umidade do solo; ETR = Evapotranspiração real; DEF = Deficiência hídrica; e EXC = Excedente hídrico.

Posteriormente a realização dos cálculos da evapotranspiração potencial (ETP) e do balanço hídrico foi possível obter os índices de umidade, aridez e hídrico com a finalidade de classificar os tipos climáticos da microrregião. O Índice de umidade (Iu) é obtido pela Equação 4; o Índice de Aridez (Ia) pela Equação 5; e o Índice hídrico (Ih) pela Equação 6:

$$Iu = \frac{EXC}{ETP} \cdot 100 \quad (4)$$

$$Ia = \frac{DEF}{ETP} \cdot 100 \quad (5)$$

$$Ih = Iu - Ia \quad (6)$$

A partir do índice de hídrico identificou-se o tipo climático (Tabela 1), na sequência os seus subtipos climáticos com base nos índices de aridez e hídrico (Tabela 2) e as variações térmicas (índice térmico) e das evapotranspirações potenciais (ETP) anual e de verão (Tabela 3); nesta última tabela a classificação é realizada basicamente pela ETP anual e pela porcentagem da ETP de verão.

Os mapas temáticos com a representação espacial dos parâmetros analisados foram construídos por meio do software ArcGis 10.3, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas (DCG/UFPE), no qual se aplicou o método da interpolação (krigagem). A projeção empregada foi o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000).

Tabela 1 – Classificação climática de Thornthwaite-Mather (1955) baseado no índice hídrico

Tipos climáticos		Índice hídrico (Ih)
A	Superúmido	$100 \leq Ih$
B ₄	Úmido	$80 \leq Ih < 100$
B ₃	Úmido	$60 \leq Ih < 80$
B ₂	Úmido	$40 \leq Ih < 60$
B ₁	Úmido	$20 \leq Ih < 40$
C ₂	Subúmido	$0 \leq Ih < 20$
C ₁	Subúmido seco	$-33,3 \leq Ih < 0$
D	Semiárido	$-66,7 \leq Ih < -33,3$
E	Árido	$-100 \leq Ih < -66,7$

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2013).

Tabela 2 – Subtipos climáticos de Thornthwaite-Mather (1955) baseados nos índices de aridez e hídrico

Climas úmidos (A, B ₄ , B ₃ , B ₂ , B ₁ e C ₂)		(Ia)	Climas secos (C ₁ , D e E)		(Iu)
r	pequena ou nenhuma deficiência hídrica	0–16,7	d	pequeno ou nenhum excesso hídrico	0–10
s	moderada deficiência no verão	16,7–33,3	s	moderado excesso no inverno	10–20
w	moderada deficiência no inverno	16,7–33,3	w	moderado excesso no verão	10–20
s ₂	grande deficiência no verão	>33,3	s ₂	grande excesso no inverno	>20
w ₂	grande deficiência no inverno	>33,3	w ₂	grande excesso no verão	>20

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2013).

Tabela 3 – Subtipos climáticos de Thornthwaite-Mather (1955) baseados no índice térmico anual e na evapotranspiração potencial (ETP) e suas concentrações de ETP verão

Tipos climáticos		Índice térmico (It) (ETP anual)	Subtipo climático	Concentração da ETP no verão (%)
A'	Megatérmico	≥ 1140	a'	< 48,0
B' ₄	Mesotérmico	997 – 1140	b' ₄	48 – 51,9
B' ₃	Mesotérmico	855 – 997	b' ₃	51,9 – 56,3
B' ₂	Mesotérmico	712 – 855	b' ₂	56,3 – 61,6
B' ₁	Mesotérmico	570 – 712	b' ₁	61,6 – 68,0
C' ₂	Microtérmico	427 – 570	c' ₂	68,0 – 76,3
C' ₁	Microtérmico	285 – 427	c' ₁	76,3 – 88,0
D'	Tundra	142 – 285	d'	> 88,0
E'	Gelo perpétuo	< 142		

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2013).

Resultados e discussões

No BHC anual (Tabela 4) verifica-se uma temperatura média do ar de 25,1°C, com baixa amplitude térmica (3,3°C), e uma ETP 1.393 mm/ano, em que suas maiores taxas ocorrem entre dezembro a março, somando 548,9 mm. A precipitação da área é de 1.566 mm/ano dos quais 922,5 mm ocorre na quadra chuvosa (abril a julho). O ARM varia entre 100 mm entre abril e agosto, chegando 2,1 mm em fevereiro. A evapotranspiração real (ETR) apresentou 1.102,1 mm/ano, sendo os meses entre março a junho maiores taxas e com menores índices nos meses de novembro e dezembro (54,8 e 57,9 mm, respectivamente).

Tabela 4 – Balanço Hídrico Climatológico da microrregião de Recife

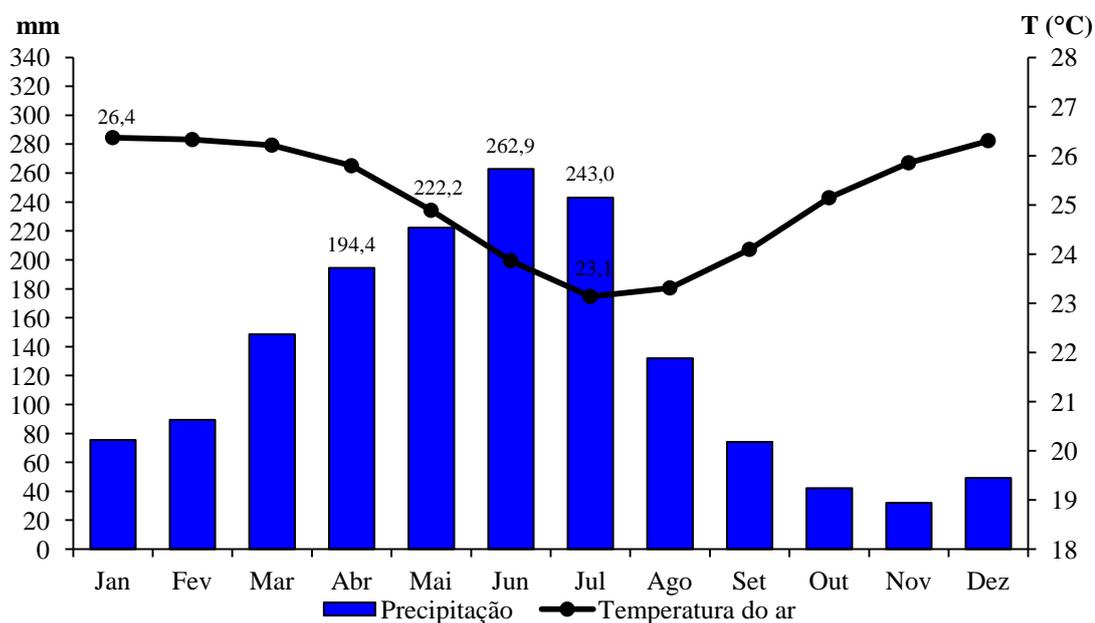
Mês	t(°C)	I	Etp	Corr	ETP	P	P-ETP	NegAc	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	R
Jan	26,4	12,40	133	1,07	142,3	75,6	-66,7	-349,4	3,0	-3	78,5	63,8	0,0	78,5
Fev	26,3	12,37	132	0,97	128,4	89,3	-39,0	-388,4	2,1	-1	90,3	38,1	0,0	90,3
Mar	26,2	12,29	130	1,06	138,3	148,6	10,3	-208,8	12,4	10	138,3	0,0	0,0	148,6
Abr	25,8	11,99	124	1	123,7	194,4	70,7	0,0	100	88	123,7	0,0	0,0	211,4
Mai	24,9	11,36	110	1,02	112,3	222,2	109,9	0,0	100	0	112,3	0,0	109,9	112,3
Jun	23,9	10,66	96	0,97	93,0	262,9	169,9	0,0	100	0	93,0	0,0	169,9	93,0
Jul	23,1	10,17	87	0,99	85,8	243,0	157,3	0,0	100	0	85,8	0,0	157,3	85,8
Ago	23,3	10,29	89	1	88,8	132,1	43,3	0,0	100	0	88,8	0,0	43,3	88,8
Set	24,1	10,81	99	0,98	97,0	74,2	-22,8	-22,8	79,6	-20	94,6	2,4	0,0	94,6
Out	25,1	11,54	114	1,03	117,2	42,1	-75,2	-98,0	37,5	-42	84,1	33,1	0,0	84,1
Nov	25,9	12,03	125	1,01	126,0	31,9	-94,0	-192,0	14,7	-23	54,8	71,1	0,0	54,8
Dez	26,3	12,35	132	1,06	139,9	49,2	-90,7	-282,7	5,9	-9	57,9	81,9	0,0	57,9
Σ/Média	25,1	138,2	1.370	1,01	1.393	1.566	173,0		655	0	1.102,1	290,5	480,4	1.200

Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

Enquanto o DEF ocorre de setembro a fevereiro (290,5 mm/ano), seu maior índice é expresso no mês de dezembro (81,9 mm) e janeiro com (63,8 mm). O EXC que incide entre maio a agosto gera uma média de 480,4 mm, os maiores valores deste período são nos meses de junho com 169,9 e julho com 157,3 mm. A reposição hídrica (R) apresenta um total anual de 1.200 mm, sendo de março a maio mais expressivo (472,3 mm). Nos meses de março e abril não há ocorrência de excedente devido o início da reposição.

O climograma da microrregião do Recife (Gráfico 1) revela que a quadra chuvosa vai de abril a julho com uma precipitação média de 922,5 mm, sendo junho o mês mais chuvoso (262,9 mm). A pluviosidade entre agosto a novembro diminui drasticamente, este mês possui a menor precipitação com aproximadamente 32 mm. O quantitativo de chuvas aumenta a partir de dezembro. Moura *et al.* (2012) analisaram as chuvas em um fragmento da Mata Atlântica, bacia hidrográfica do Prata em Recife, para o período de 1994 a 2007, bem como Wanderley *et al.* (2018) pesquisando sobre os índices pluviométricos para a cidade do Recife para a série histórica de 1961 a 2016, verificaram a mesma quadra chuvosa entre abril e julho com 1.300 mm e 1.470 mm para esse período, respectivamente.

Gráfico 1 – Climograma da microrregião de Recife



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da APAC (2018).

Os sistemas atmosféricos exercem influência sobre a sazonalidade pluviométrica de uma região (MARCUIZZO, 2014). Silva *et al.* (2014) verificaram a influência nos índices de chuva pelo Dipolo do Atlântico e La Niña nas águas mais quentes do Atlântico Sul. Ferreira; Mello (2005) constataram que a Zona de Convergência Intertropical formada principalmente

pela confluência dos alísios transporta umidade dos oceanos para o continente promovendo chuva para boa parte do litoral do NEB. Silva; Bandeira; Santos (2018) também verificam a quadra chuvosa no mesmo período (1.357 mm) com uma precipitação anual de 2.300,5mm. Os autores explicam que esse período chuvoso de abril a julho é provocado principalmente pelos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs). Esses altos índices pluviométricos favorecem o aumento do volume dos rios, assim como inundações, propiciados e agravados por planejamento urbano da cidade de Recife que não foi considerado precipitações extremas (LUCENA *et al.*, 2016), realidade que também assola a microrregião analisada nesta pesquisa.

A microrregião do Recife sofre com a atuação dos mais variados sistemas atmosféricos, como por exemplo: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a massa Tropical Atlântica (Ta), os Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), a Frente Polar Atlântica (FPA), os Cavados que formam os Sistemas Ondulatórios de Leste (DOLs) ou simplesmente Ondas de Leste geradas sobre o Atlântico, com a conseqüente formação de Linhas de Instabilidade (LI). Os meses de junho e julho representam o período de maior precipitação na faixa oriental de Pernambuco, com influência das invasões da FPA que apesar de não caracterizar um sistema frontal, mas resquícios dela adentrarem a microrregião (GIRÃO; CORRÊA; GUERRA, 2007).

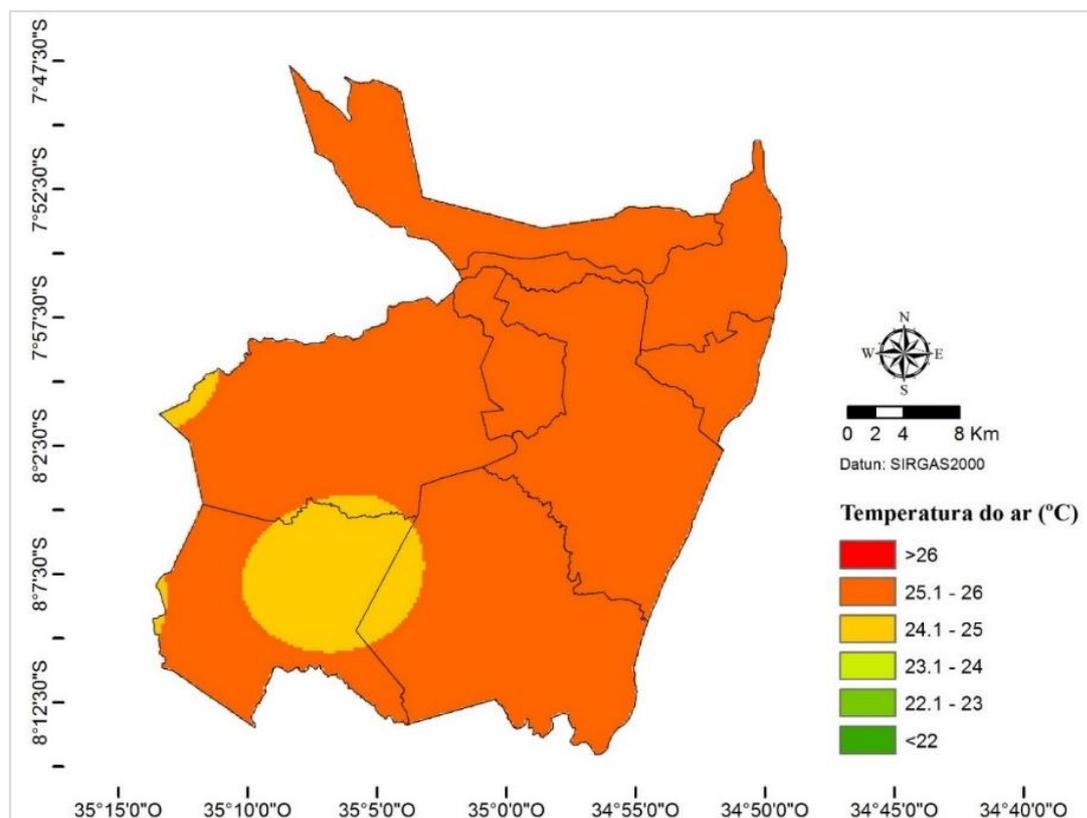
Em Pernambuco a ‘mTa’ está presente na maior parte do ano, essa massa de ar tropical é oriunda do Anticiclone Subtropical Semi-fixo do Atlântico Sul. Ela é responsável por depositar umidade sobre a faixa costeira até a escarpa oriental da Borborema. As perturbações sofridas por esta massa estão associadas às chuvas sobre o litoral. Na microrregião do Recife perturbações provocadas por Ondas de Leste provocam bastante chuva, empurradas por alísios de sudeste. A ZCIT também é responsável por parte da precipitação e está associado à migração do equador térmico para o hemisfério sul, a qual atinge o Recife no outono, principalmente, provocando chuvas com trovoadas e mudança na direção do vento de sudeste para nordeste. Já a Frente Polar atinge o Recife por dissipação, mas não caracteriza um sistema frontal explícito com revezamento do ar tropical pelo ar polar após a passagem da frente. Já os VCANs são mais ativos no verão, com centro transparente e bordas nebulosas de onde deriva precipitações (CORRÊA, 2006; SILVA *et al.*, 2015).

Já a temperatura do ar varia de acordo com as estações do ano, tendo seus maiores índices registrados no verão (dezembro a março), com uma média de 26,3°C, atingindo seu máximo no mês de janeiro com 26,4°C; enquanto que, o mês de julho (inverno) registra a menor temperatura com 23,1°C, apresentando uma amplitude térmica anual de 3,3°C. Moreira

e Galvício (2007) ao analisarem a temperatura na superfície da cidade do Recife verificaram uma média de 25°C, com amplitude térmica inferior a 5°C. Os autores explicam que isso ocorre devido à cidade está em uma zona de baixa latitude em que a energia solar incide diretamente o ano inteiro, além da baixa altitude que causa uma maior concentração de partículas sólidas o que favorece a absorção de calor. Corrêa (2006) elucida que a diferença em horas de insolação entre o verão e o inverno é de apenas 25 minutos. Já Silva; Bandeira; Santos (2018) observaram que a temperatura no período de 1961 a 1990 oscilou anualmente entre 23° a 31°C.

O Mapa 2 revela a espacialização da temperatura do ar da microrregião, a qual varia entre 24,1° e 26°C, sendo a temperatura predominante na classe entre 25,1 a 26°C. As áreas que possuem uma menor temperatura abrangem apenas uma parte a oeste de Jaboatão, sul e oeste de São Lourenço da Mata, além das porções centro-nordeste central, norte, leste e uma pequena parcela a oeste da cidade de Moreno. Segundo Ribeiro e Souza (2018) essa diminuição gradativa da temperatura ocorre em função da altitude, uma vez que a altitude é um dos principais fatores da diferença térmica em pequenas distâncias.

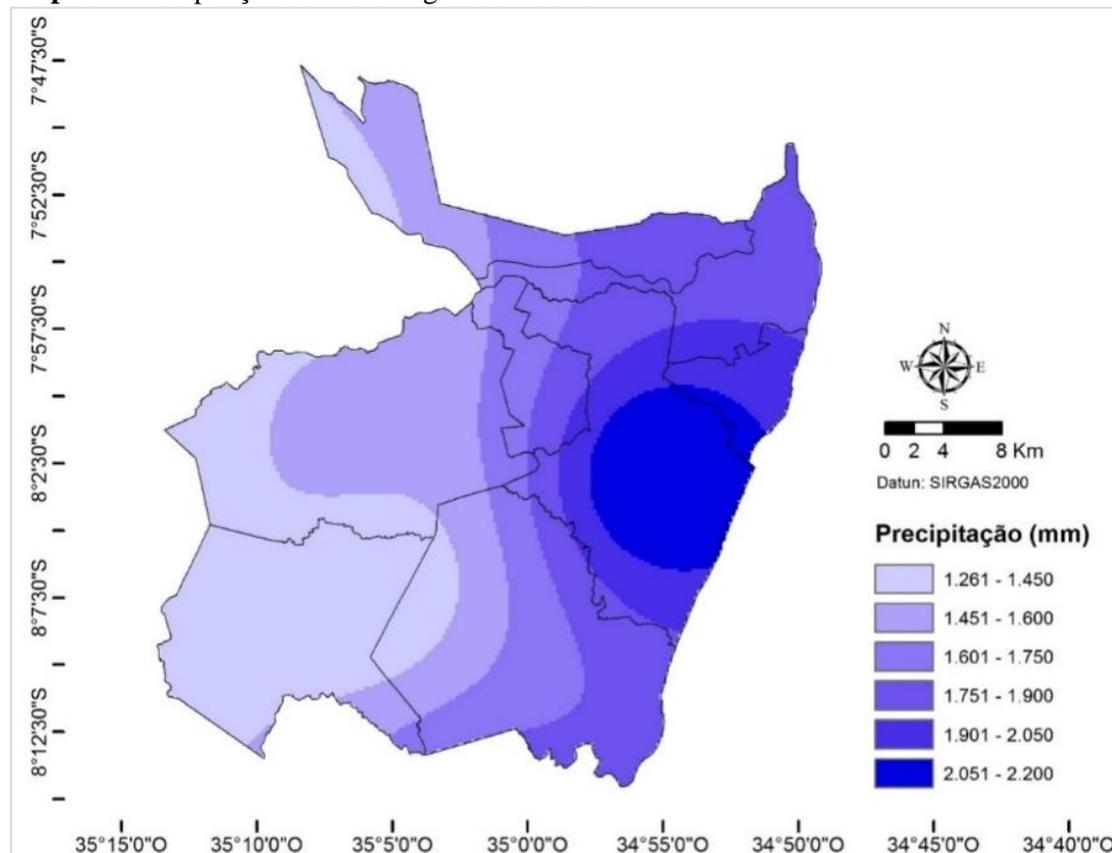
Mapa 2 – Temperatura do ar da microrregião de Recife



A espacialização da precipitação representada no Mapa 3 demonstra que nas áreas mais próximas ao litoral as chuvas são maiores, diminuindo gradativamente à medida que vai se

afastando do mesmo. A faixa litorânea revela uma variação de 1.751 a 2.200 mm/ano, sendo a cidade do Recife a que possui a maior concentração com uma pluviosidade anual entre 2.051 a 2.200 mm. No setor oeste da microrregião a precipitação anual variam entre 1.261 a 1.750 mm. Isso se dá devido a diminuição das brisas para oeste e, conseqüentemente, da diminuição da umidade atmosférica provinda do oceano.

Mapa 3 – Precipitação da microrregião de Recife

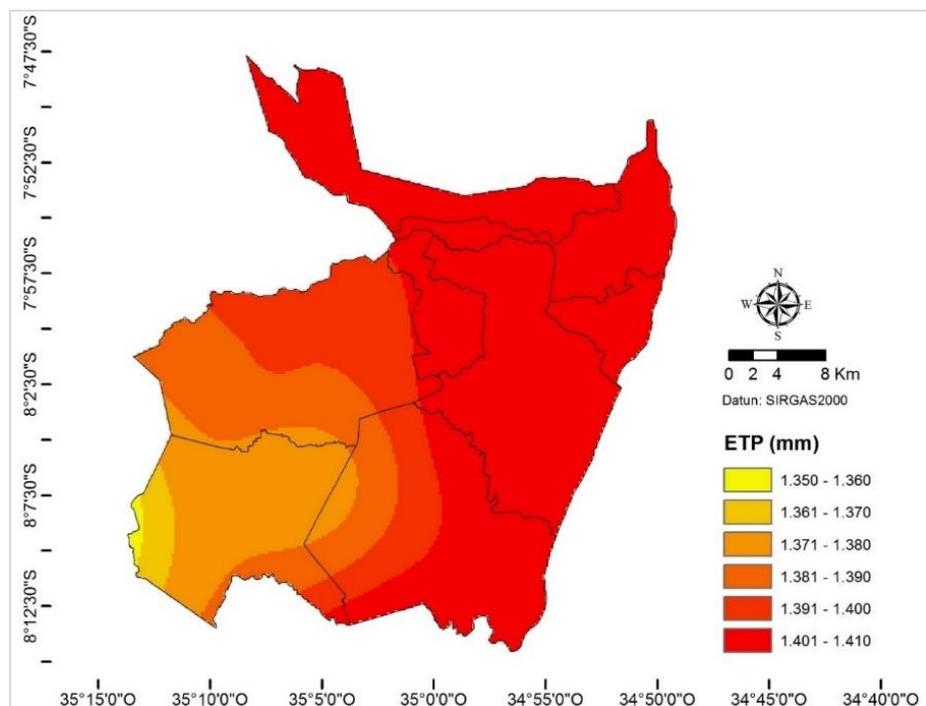


Na espacialização da ETP (Mapa 4) verificou-se que suas maiores taxas foram registradas em toda a faixa litorânea com índices superiores a 1.391mm. No setor sudoeste foram registrados os menores valores na faixa de entre 1.350 a 1.390 mm. Essa diminuição do índice ocorre pela diminuição gradativa da temperatura do ar nesta área. Como verificado por Ribeiro e Souza (2018) em sua pesquisa para a microrregião de Vitória de Santo Antão, a ETP diminui no sentido sudoeste, ocasionado pela sua elevação brusca do relevo, ocorrendo assim a diminuição da temperatura do ar, que está relacionada de forma direta com o potencial energético.

No Mapa 5 está a espacialização da ETR, na qual foi constatada uma diminuição gradual de leste-oeste com índices máximos entre 1.191 a 1.225 mm na porção leste, enquanto a oeste a menor classe ficou entre 1.010 a 1.050 mm. Essa diminuição da ETR ocorre devido a uma redução gradual da precipitação. Souza *et al.* (2014) averiguaram na bacia hidrográfica do rio

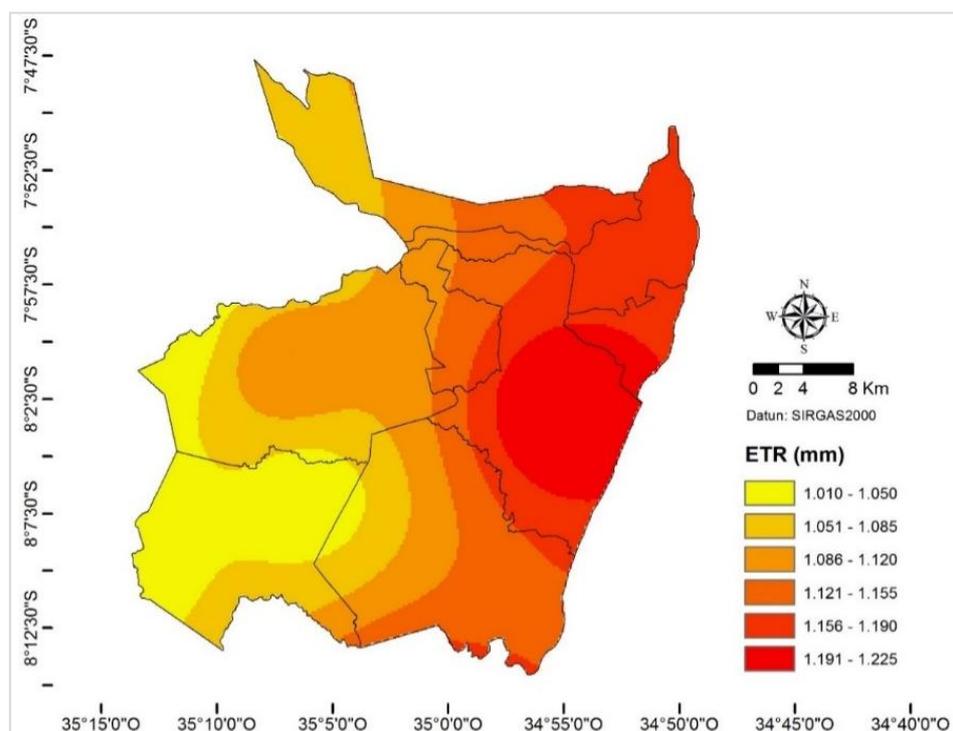
Caravelas que a ETR acompanha a ETP nos meses de outubro, novembro e dezembro, registrando maiores valores nos meses de março e abril com 138,6 e 129,1 mm, respectivamente. Já para a microrregião do Recife, conforme ocorre à diminuição da disponibilidade hídrica de leste para oeste, a ETR também sofre uma gradativa redução nesse sentido.

Mapa 4 – Evapotranspiração potencial anual da microrregião de Recife



Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

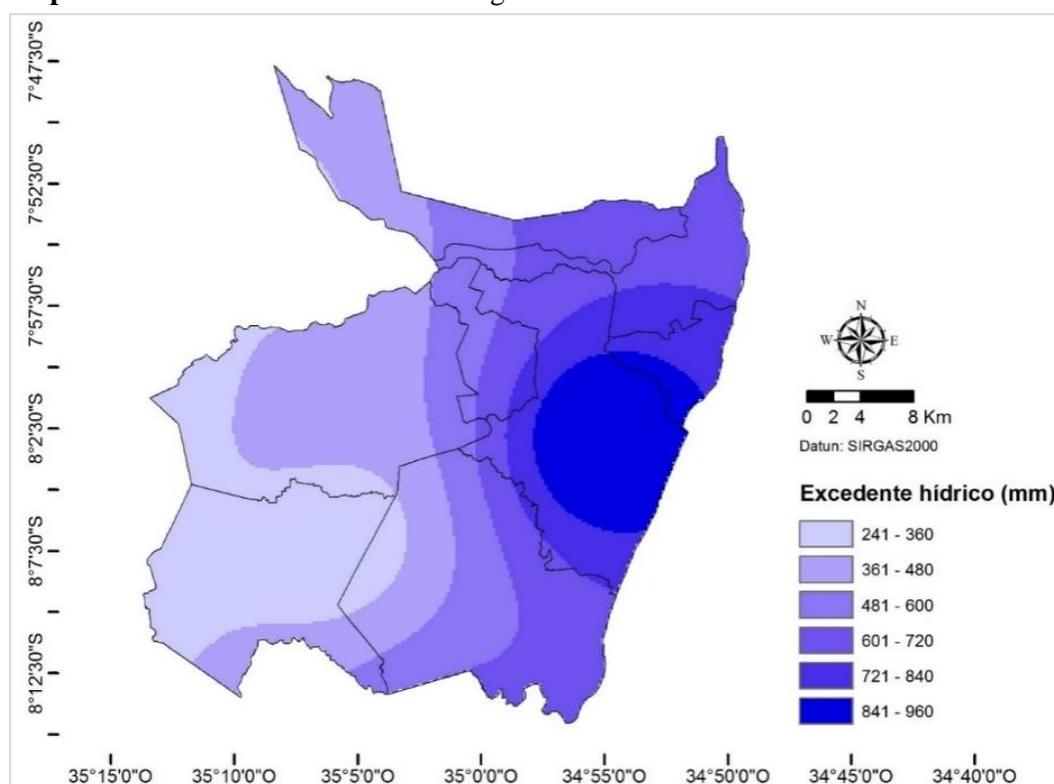
Mapa 5 – Evapotranspiração real da microrregião de Recife



Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

O Mapa 6 demonstra a variação espacial do excedente hídrico (EXC). Assim como a precipitação, o EXC diminui gradativamente conforme se afasta do litoral para o interior. Dessa forma, é verificado que o EXC nos municípios mais próximos da porção leste varia entre 601 a 960 mm/ano. Enquanto que no setor mais a oeste na microrregião a variação fica entre 241 a 600 mm. Medeiros; Holanda; Ferreira (2016) analisou o BHC para o município de Recife entre 1962 e 2015, encontrou o excedente anual de 727,6 mm no período de abril a agosto, acompanhando a variação da quadra chuvosa de 243,6 a 318,1 mm. Pelo fato da cidade estar no litoral e sofrer com elevados índices pluviométricos, principalmente na quadra chuvosa com média 336,7 mm, é esperado que o EXC anual não seja menor que 700 mm.

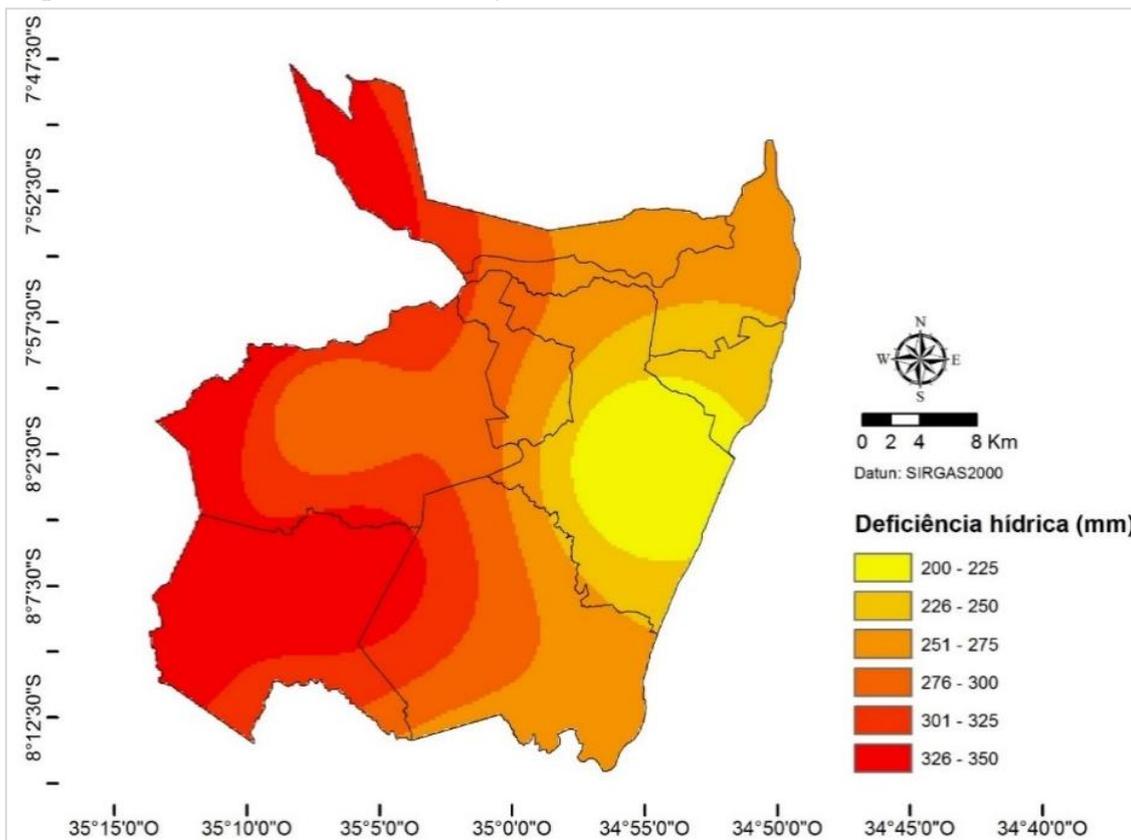
Mapa 6 – Excedente hídrico da microrregião de Recife



Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

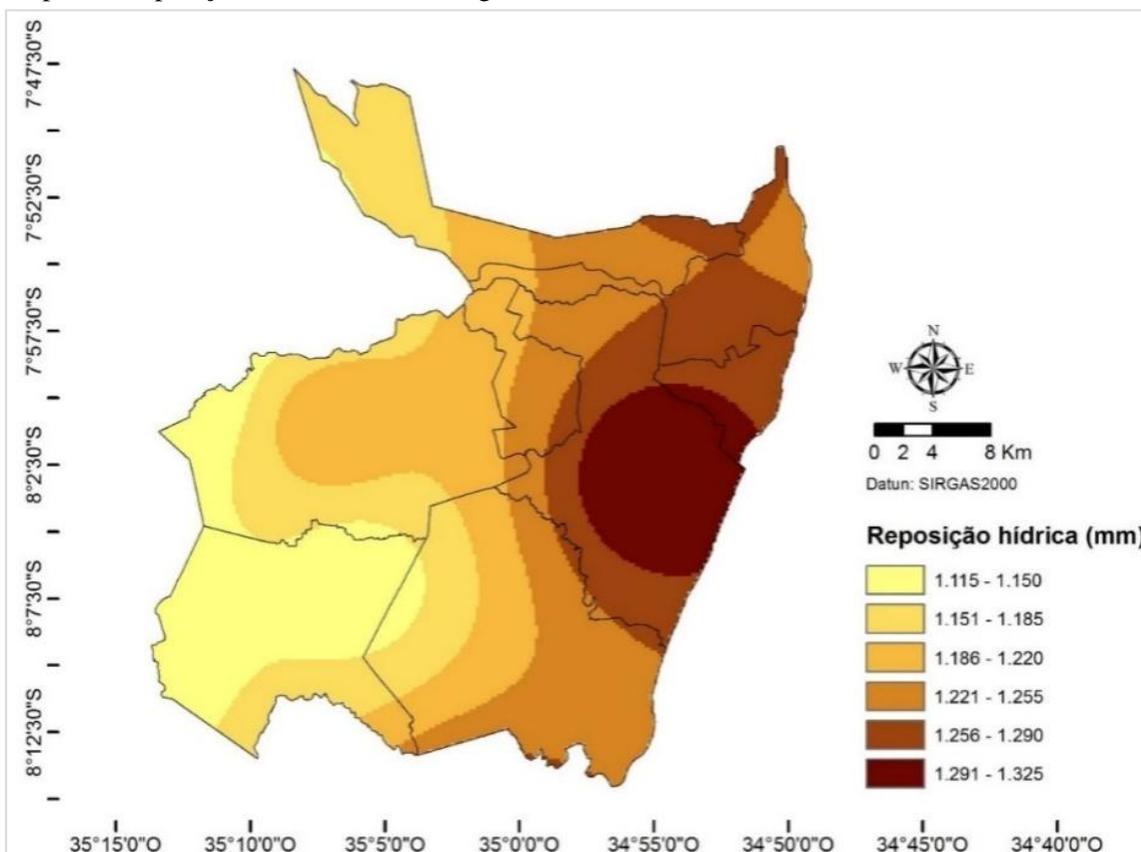
No Mapa 7 é verificado a espacialização da deficiência hídrica (DEF) em que a faixa central do litoral têm a menor DEF com as classes variando entre 200 a 250 mm/ano, se elevando gradativamente na direção norte e sul com a classe que varia entre 251 a 275 e para oeste que aumenta uma DEF entre 276 a 350 mm. Duarte; Medeiros; Menezes (2019) encontram para Recife a DEF de 287,4 mm/ano, enquanto Medeiros *et. al.* (2009) verificam para Igarassu e São Lourenço da Mata índices de 203,5 mm; 375,5 mm, respectivamente. Isso evidencia que a microrregião sofre com DEF anual entre 150 e 450 mm, provocada pela variação da precipitação.

Mapa 7 – Deficiência hídrica da microrregião de Recife



Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

Mapa 8 – Reposição hídrica da microrregião de Recife

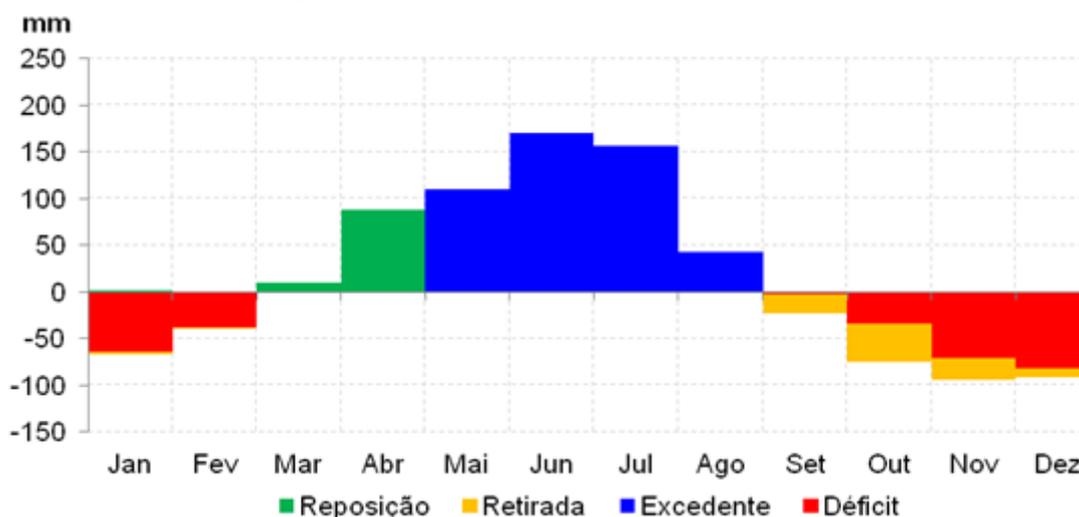


Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

O Mapa 8 apresenta a distribuição da reposição hídrica anual da área estudada. Os maiores índices de reposição ocorrem na faixa litorânea, na qual varia entre 1.325 a 1.221 mm/ano. A oeste da referida figura os índices de reposição diminuem de forma gradativa atingindo valores entre 1.115 a 1.220 mm/ano. Passos; Zambrzycki; Pereira (2016) classificam o clima da região da Chapadinha/MA no período de 1976 a 2015 e identificaram que os meses de reposição hídrica são janeiro e fevereiro, início do período chuvoso da região, isso acontece até o solo ficar abastecido, após a água ser repostada, ocorre o excedente hídrico.

O Gráfico 2 exibe a reposição, retirada, excedente e déficit hídrico mensal, sendo os dois primeiros representados pela alteração de umidade do solo. A reposição de água no solo ocorre nos meses de março e abril com 10 e 88 mm, respectivamente. Já a retirada ocorre de setembro a fevereiro com um total de retirada de 98 mm, sendo outubro o mês de maior índice com 42 mm, enquanto o menor ocorre em fevereiro com apenas 1 mm. O DEF ocorre no mesmo período da retirada devido ao período de estiagem da região, com um total de 290,5 mm/ano, sendo dezembro o mês de maior DEF e setembro o menor, representados por 81,9 e 2,4 mm, respectivamente. Enquanto que o EXC ocorre de maio a agosto, totalizando 480,4 mm anuais, ao passo que o maior EXC ocorre em junho com 169,9 e em agosto o menor com 43,3 mm.

Gráfico 2 – Gráfico da reposição, retirada, excedente e déficit hídrico mensal



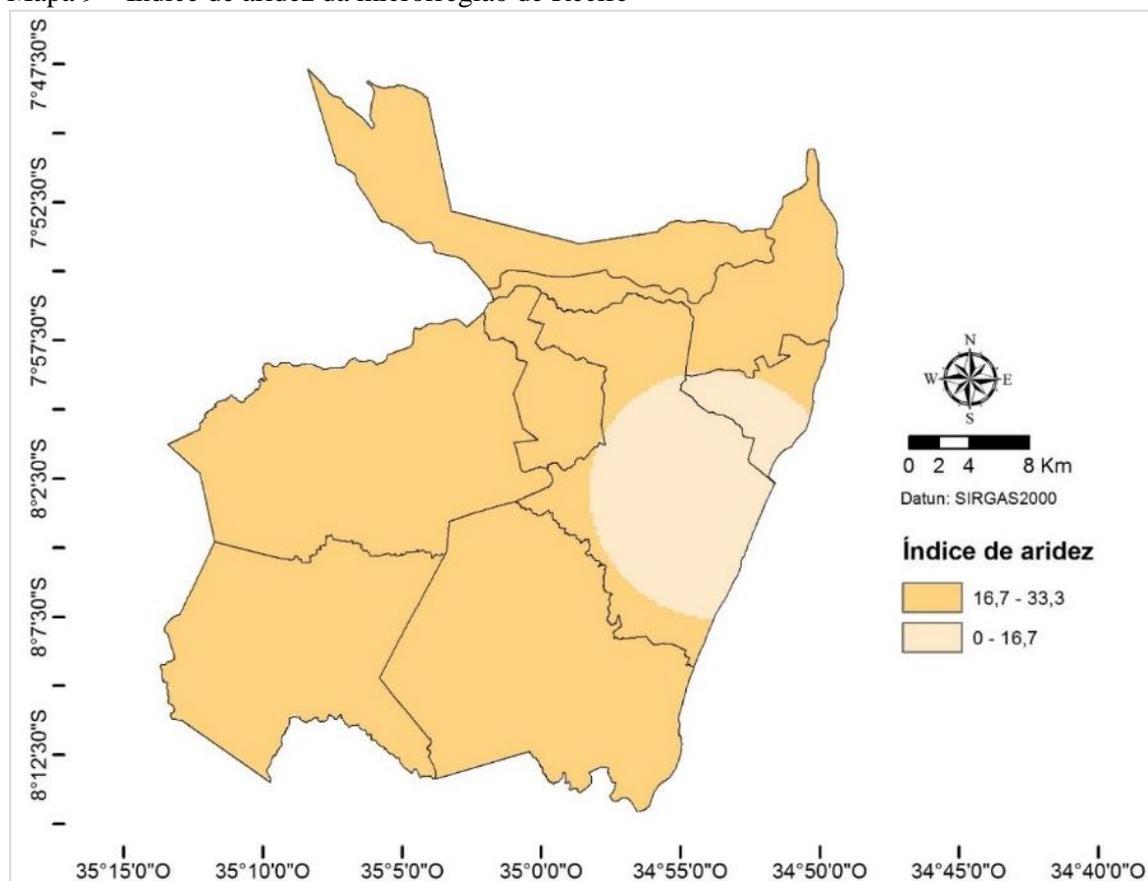
Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

Matos *et al.* (2015) ao realizarem a caracterização e aptidão climática para Alhandra (PB), para o período de 1920 a 2013, verificaram que entre novembro e janeiro, ocorreram os maiores *déficits*, oscilando entre 72,7 a 97,6 mm, com total anual de 322,1 mm. Já o EXC ocorre nos meses de abril a agosto, variando entre 45,2 a 221,5 mm, com valor anual de 673,8 mm. A

reposição hídrica ocorreu nos meses de março e abril e a retirada entre setembro e fevereiro. Percebe-se que o município de Alhandra possui semelhanças nos quantitativos e variabilidade dos índices quando comparados ao da microrregião de Recife. Já Medeiros; Francisco; Santos (2015) ao estudarem o BHC para o litoral do estado da Paraíba analisaram o EXC e a DEF. Entre maio e agosto constataram a ocorrência de EXC variando entre 195,7 a 39,7 mm, enquanto a DEF prevalece de setembro a fevereiro, oscilando entre 5,7 mm em setembro a 112,7 no mês de dezembro com um total de 372,3 mm. A ocorrência do EXC e DEF também é parecido ao da microrregião de Recife.

O Mapa 9 representa a espacialização do índice de aridez (Ia) anual para a microrregião, na qual a maior porção do mapa apresenta o Ia moderado, classe que vai de 16,7 a 33,3 mm, moderada deficiência hídrica no verão, e apenas uma pequena faixa na orla aparece com baixo Ia, classe que varia de 0 a 16,7 mm que significa pequena ou nenhuma deficiência hídrica. A variação espacial da precipitação provoca essa diferença no índice. Duarte; Medeiros; Menezes (2019) estudando o BHC de Recife, para a série histórica de 1962 a 2015, encontraram um Ia de 19 mm, que se enquadra no subtipo climático “s”, ou seja, possui moderada deficiência no verão e varia entre 16,7 a 33,33, assim como a maior parte da microrregião do Recife.

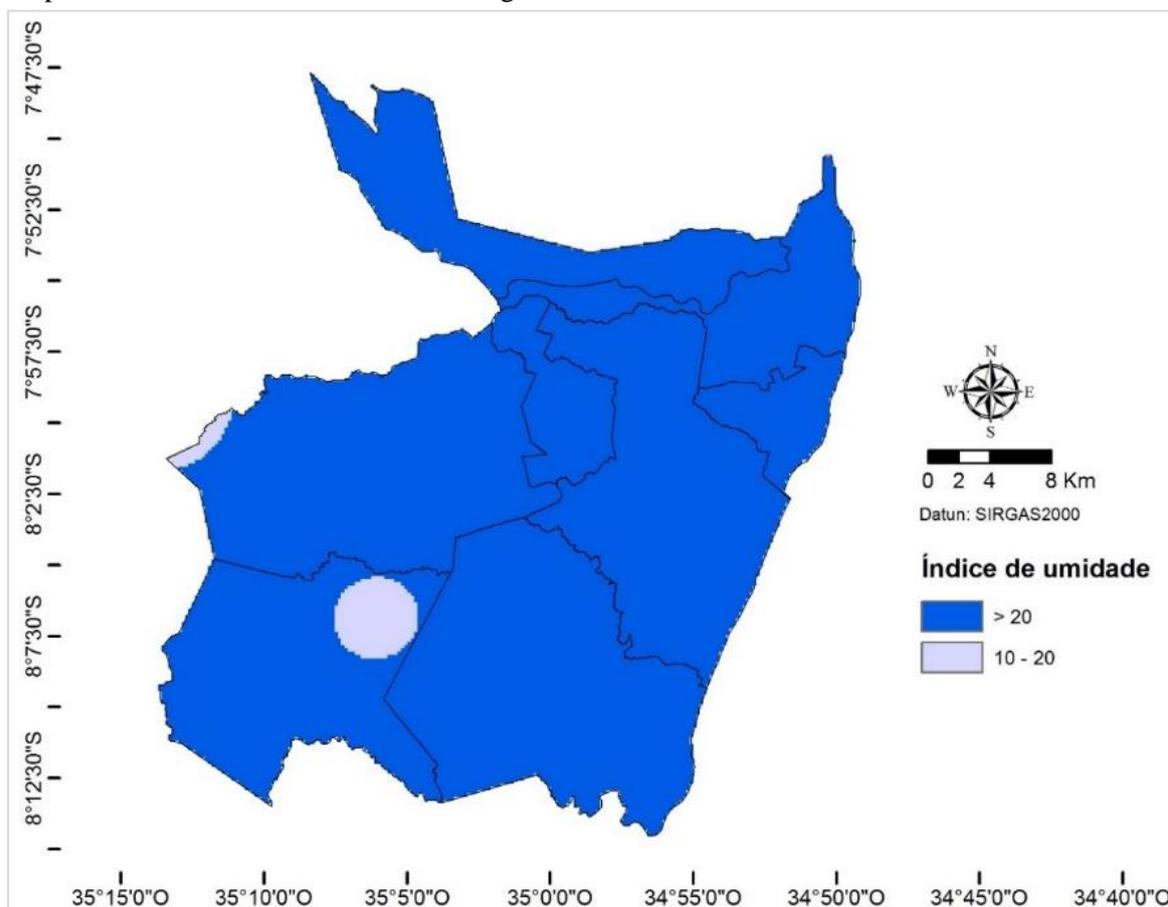
Mapa 9 – Índice de aridez da microrregião de Recife



Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

A espacialização do índice de umidade da microrregião de Recife (Mapa 10) expõe que a quase totalidade da área pesquisada possui um elevado índice de umidade com taxas superiores a 20 mm (grande excesso no inverno), enquanto o setor nordeste do município de Moreno e a oeste de São Lourenço da Mata possuem índices que variam entre 10 a 20 mm (moderado excesso no inverno).

Mapa 10 – Índice de umidade da microrregião de Recife

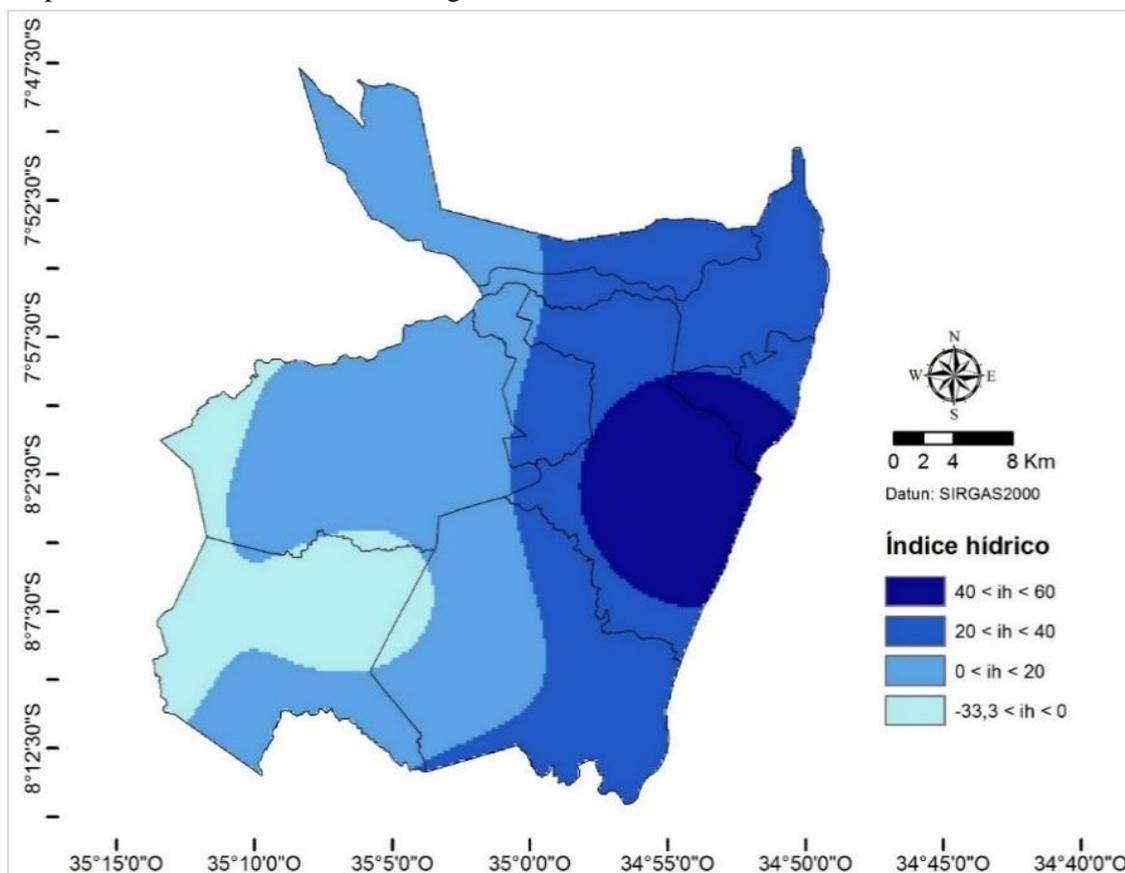


Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

Com base nos subtipos climáticos de Thornthwaite-Mather (1955) proposto no BHC, Silva; Moura; Klar (2014) analisaram que para a mesorregião da zona da mata nos locais mais próximos ao litoral possuem tipos climáticos úmidos (B1, B2, B3, B4), sendo predominantes os tipos B3 e B1; e conforme se afasta do litoral e se aproxima do agreste a precipitação diminui, dando aos climas mais secos como o subúmido (C2) e subúmido seco (C1).

A espacialização do índice hídrico (Ih) da microrregião de Recife no Mapa 11 revela que os maiores índices atingem o litoral devido aos altos índices pluviométricos, diminuindo no sentido oeste. No litoral, em algumas áreas dos municípios de Recife e Olinda, os índices hídricos: $20 \leq I_h < 40$ e $40 \leq I_h < 60$ caracterizam-se como um clima úmido do tipo B₁ e B₂, respectivamente. Os setores que ficam mais a oeste, noroeste e sudoeste possuem Ih nas classes de $0 \leq I_h < 20$, Subúmido (C₂), e $-33,3 \leq I_h < 0$, Subúmido seco (C₁).

Mapa 11 – Índice hídrico da microrregião de Recife



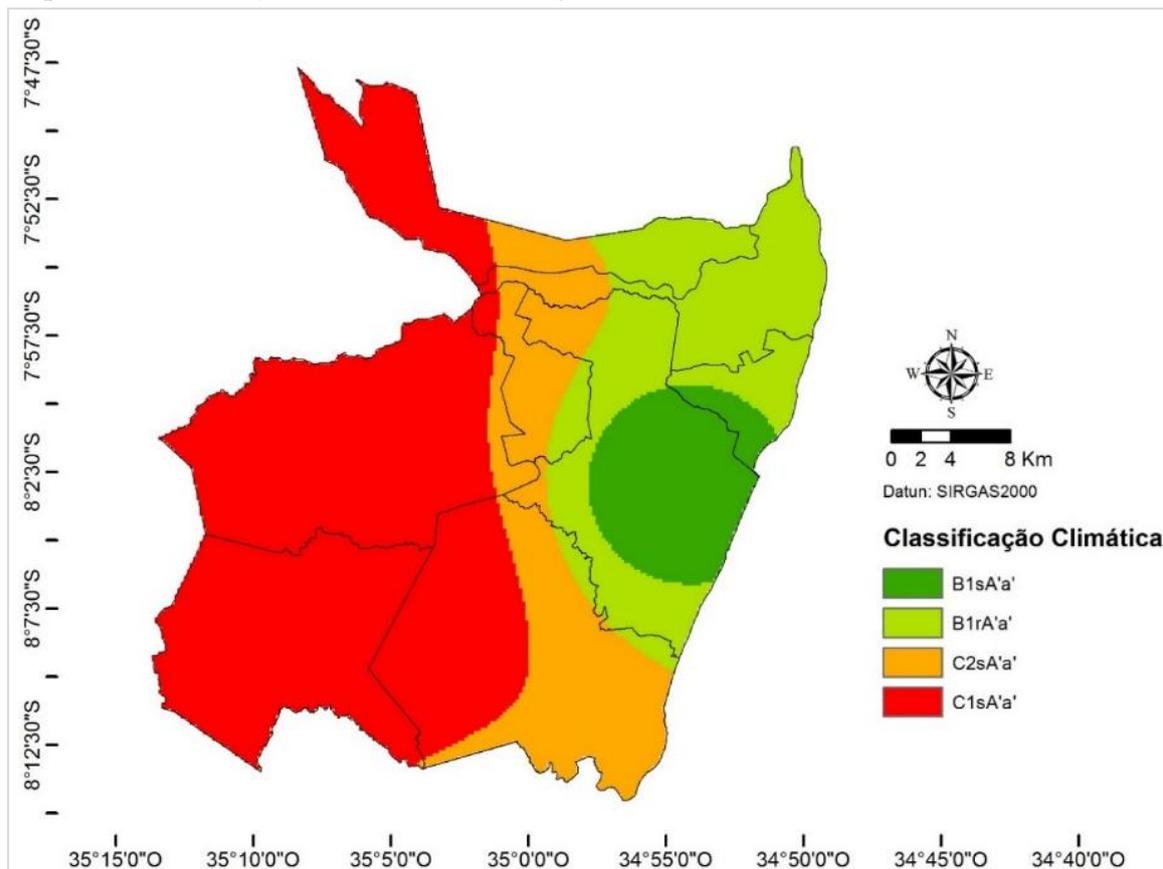
Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

O Mapa 12 demonstra a espacialização dos tipos climáticos da área estudada segundo o modelo de Thornthwaite-Mather (1955). Assim, por meio das características climáticas da microrregião de Recife foram os seguintes climas: $B_1sA'a'$, $B_1rA'a'$, $C_2sA'a'$, $C_1sA'a'$.

O $B_1sA'a'$ é o tipo climático úmido (B_1), cujo o intervalo de I_h varia entre 20 e 40; com moderada deficiência hídrica no verão (s), com I_a entre 16,7 e 33,3, com chuvas acumuladas durante o ano em torno de 1900 a 2300 mm; megatérmico (A'), em que a ETP anual foi maior que 1140 mm, por influência da temperatura média anual que oscila entre 23,1° a 26,4°C; e a ETP no verão (a') é inferior a 48%. Dessa forma, a classificação climática de Thornthwaite-Mather (1955) para a tipologia $B_1sA'a'$ é o clima megatérmico úmido com moderada deficiência hídrica no verão e extremamente quente no verão.

O tipo climático $B_1rA'a'$ é úmido (B_1), I_h varia entre 20 e 40; com pequena ou nenhuma deficiência hídrica (r), I_a variando de 0 a 16,7, com chuvas acumuladas durante o ano em torno de 1700 a 2000 mm; a ETP anual é maior que 1140 mm o que o torna megatérmico (A'), enquanto a ETP do verão (a') ficou abaixo de 48%. Assim, a tipologia $B_1rA'a'$ refere-se ao clima megatérmico úmido com pequena ou nenhuma deficiência hídrica e extremamente quente no verão.

Mapa 12 – Classificação climática da microrregião de Recife



Fonte: Elab. Pelos autores (2020)

A classificação climática $C_1sA'a'$ tem por característica ser subúmido (C_2), devido o intervalo de I_h varia entre 0 a 20; com moderada deficiência hídrica no verão (s), pois I_a está entre 16,7 a 33,7, tendo chuvas acumuladas entre 1500 a 1900 mm; megatérmico (A'), cujo a ETP anual é maior que 1140 mm, já a ETP do verão (a') ficou abaixo dos 48%. Sendo assim, $C_2sA'a'$ trata-se do clima megatérmico subúmido com modera deficiência no verão e extremamente quente no verão. Por fim, o $C_1sA'a'$ é o subúmido seco (C_1), I_h está entre -33,3 a 0; com moderado excesso no inverno (s) devido o I_u variar entre 10 a 20, com precipitação acumulada em torno de 1200 a 1600 mm anuais; megatérmico (A') com o índice térmico anual maior que 1140 mm, ao passo que a ETP do verão foi inferior a 48%. Com isso, $C_2sA'a'$ representa o clima megatérmico subúmido seco com moderado excesso no inverno e extremamente quente no verão.

Os parâmetros analisados nesta pesquisa revelaram a existência de dois períodos bem definidos, um seco e um úmido, com elevadas taxas térmicas que influencia diretamente na ETP (anual e verão), ETR, DEF e EXC. Tais variações influenciam os índices hídricos, úmido e aridez, sendo estes primordiais para a classificação climática. Além da classificação

climática, o BHC possibilita a compreensão da alteração de umidade do solo da microrregião de Recife, importante para o planejamento urbano que vise eventos extremos de precipitação.

Considerações finais

A realização do BHC proposto por Thornthwaite e Mather (1955) para microrregião do Recife serviu para a compreensão espacial e temporal da dinâmica climática na área. A microrregião apresenta duas estações bem definidas: um período chuvoso, de abril a julho; e outro seco, entre agosto a março, com uma taxa de precipitação anual maior que 1.500 mm. A DEF ficou restrita aos meses de setembro a fevereiro, já o EXC entre maio e agosto, ocorrendo uma gradativa redução do EXC de leste-oeste, conseqüentemente, há uma elevação gradual da DEF no mesmo sentido. A ETP que totaliza 1.393 mm/ano também sofre pelo mesmo processo, diminui de leste para oeste.

Com os índices de umidade, aridez, hídrico e a ETP do verão realizou-se a classificação climática para a microrregião de Recife. O clima para a área litorânea, parte das cidades de Recife e Olinda, é o clima megatérmico úmido com moderada deficiência hídrica no verão e extremamente quente no verão ($B_{1s}A'a'$). No sentido oeste e norte, tem-se o tipo climático $B_{1r}A'a'$, ou seja, clima megatérmico úmido com pequena ou nenhuma deficiência hídrica e extremamente quente no verão. A área mais centralizada da microrregião, faixa de transição, o clima é classificado como megatérmico subúmido com modera deficiência no verão e extremamente quente no verão ($C_{2s}A'a'$). Para os locais mais afastados da zona litorânea (porção oeste), município de Moreno e território oeste de Abreu e Lima, São Lourenço da Mata e Jaboatão dos Guararapes o tipo é $C_{1s}A'a'$, isto é, o clima megatérmico subúmido seco com moderado excesso no inverno e extremamente quente no verão.

Referências

- APAC. AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- 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.
- CECÍLIO, R. A.; SILVA, K. R.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 478-488, abr. 2012.

- CORRÊA, A. C. B. Contribuição à análise do Recife como um geossistema urbano. **Revista Geografia**, Recife, v. 23, n. 3, 2006.
- COUTINHO, M. D. L. *et al.* Balanço Hídrico mensal para dois municípios do estado da Paraíba. **Ciência e Natureza**, Santa Maria, v. 37 n. 4, p. 160-170, set./dez. 2015.
- CRONEMBERGER, F. M.; *et al.* Mapeamento Bioclimático do Estado do Rio de Janeiro. *In*: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil. **Anais [...]**, p. 5745-5752, 2011.
- DUARTE, J. F. M.; MEDEIROS, R. M.; MENEZES, H. E. A. Aptidão climática para o cultivo de caju no município de Recife, Pernambuco, Brasil. **Revista Equador**, Teresina, v. 8, n. 1, p. 82-98, 2019.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. 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**, Curitiba, v. 1, n. 1. dez. 2005.
- GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; GUERRA, A. J. T. Encostas urbanas como unidades de gestão e planejamento, a partir do estudo de áreas a sudoeste da cidade do Recife - PE. **Revista de Geografia Recife**, v. 24, n. 3, 2007.
- JESUS, J. B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju-SE. **Scientia Plena**, v. 11, n. 05, 2015.
- LOPES, I.; LEAL, B. G. Índice de aridez e tendência a desertificação para estações meteorológicas nos estados da Bahia e Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, Ano 11, v. 17, p. 155-172, jul./dez. 2015.
- LUCENA, J. A.; *et al.* Eventos extremos de liuvia y riesgo hidroclimático en zona de la mata - Pernambuco / Brasil. **Investigaciones Geográficas**, n. 51, p. 81-90, 2016.
- MARCUZZO, F. F. N.; Distribuição espacial da sazonalidade da precipitação pluviométrica no mato grosso do sul e estudo de anomalias interanual. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 22-39, jan./mar. 2014.
- MATOS, R. M.; *et al.* Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra - PB, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 3, p. 183-192, 2015.
- MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 08, n. 04, p. 1068-1084, 2015.
- MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; FERREIRA, G. L. Palma forrageira e caju, suas aptidões e zoneamento agroclimático para o município de Recife. *In*: I congresso internacional das ciências agrárias COINTER – PDVAgro2016. **Anais [...]**, 2016.
- MEDEIROS, S. R. R.; *et al.* Potencial agroclimático para *Alpinia purpurata* no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 165-169, 2009.
- MOREIRA, E. B. M.; GALVÍNCIO, J. D. Especialização das temperaturas à superfície na cidade do Recife, utilizando imagens TM - LANDSAT 7. **Revista de Geografia**, Recife, v. 24, n. 3, p. 101-115, set./dez. 2007.
- MOURA, A. E. S. S.; *et al.* Precipitação efetiva nos períodos chuvosos e poucos chuvosos em um fragmento da Mata Atlântica, Recife - PE. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 7-16, out./dez. 2012.
- PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 4, p. 758 - 766, 2016.

RIBEIRO, E. P.; SOUZA, C. S.; Caracterização e classificação climática da microrregião de Vitória de Santo Antão. **Revista Continentes**, ano 7, n. 12, p. 235-259, 2018.

SILVA, A. C.; *et al.* Mudanças do uso e ocupação da terra a partir da expansão urbana e as influências climáticas sobre a morfodinâmica no município do Recife/PE entre 1975 e 2015. **Revista Cerrados**, Montes Claros, v. 13, n. 1, p. 33-49, dez. 2015.

SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; KLAR, A. E. Classificação climática de Thorthwaite e sua aplicabilidade agroclimática nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 1 p. 46-60, 2014.

SILVA, A. P. N.; *et al.* Correlação entre as temperaturas da superfície do mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no nordeste do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 149-156, 2011.

SILVA, V. M. A.; BANDEIRA, M. M.; SANTOS, C. A. C.; Análise da climatologia da precipitação em Recife e eventos extremos de chuva. In: FRANCISCO *et al.* (Orgs.). **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, Campina Grande: EPGRAF, v.1, n.3, cap. 6, 2018.

SOUZA, A. P.; *et al.* Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34 – 43, 2013.

SOUZA, S. O.; *et al.* Balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Caravelas (BA) como subsídio ao planejamento agrícola. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 1, p. 83-92, 2014.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, N. J.: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, publications in Climatology, v. 8, n. 1, New Jersey, 1955.

VILAR, H. N.; MEDEIROS, R. M. Índice de aridez na Zona da Mata no Estado de Pernambuco - Brasil. **Journal of Environmental Analysis Progress**, Recife, v. 4, n. 1, p. 14-20, 2019.

WANDERLEY, L. S. A; *et al.* As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, Ano 14, v. 22, p. 149-164, jan./jun. 2018.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Recife, para o qual apresentamos nossos agradecimentos pela colaboração.