



GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA

GEOESPACIONALIZATION OF CLIMATE INDEXES: ARIDITY, HUMIDITY AND WATER IN THE IPOJUCA RIVER HYDROGRAPHIC BASIN

Romildo Morant de Holanda¹, Raimundo Mainar de Medeiros², Luciano Marcelo Fallé Saboya³, Manoel Vieira de França⁴, Márcia Liana Freire Pereira⁵, Salatiel Ewen Braga⁶, Fernando Cartaxo Rolim Neto⁷, Wagner Rodolfo de Araújo⁸

Submetido em: 20/04/2021

e24246

Aprovado em: 10/05/2021

RESUMO

Os índices de umidade, aridez e hídrico tem como finalidade a caracterização climática de um local. O Índice de aridez indica a deficiência hídrica expressa em porcentagem da evapotranspiração. Objetiva-se calcular o Balanço Hídrico e analisar os índices de umidade, aridez e hídrico além das deficiências e excedentes hídricos do período de 1962 a 2019 para a área da bacia hidrografia do rio Ipojuca e seu entorno, buscando averiguar possíveis mudanças. Realizou-se o balanço hídrico seguindo a metodologia de Thornthwaite e Mather, por intermédio do programa computacional Balanço Hídrico Normal usando-se uma planilha eletrônica. Na flutuação do índice de aridez destaca-se a região central da bacia, com fortes a moderados índices acima dos valores estabelecidos para a desertificação. No índice de umidade registraram-se reduções significativas na região da Zona da Mata e no alto rio Ipojuca. Reduções significativas em alguns municípios foram registradas no índice de umidade. As deficiências hídricas oscilam quando reduz a capacidade de água disponível no solo, tornando-se notório em alguns municípios, ao passo que os excedentes hídricos dependem exclusivamente dos fatores inibidores ou provocadores de chuva na área estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico. Oscilações hídrica. Variáveis climáticas.

ABSTRACT

The indexes of humidity, aridity and hydric are intended to characterize the climate of a place. The aridity index indicates water deficiency expressed as a percentage of evapotranspiration. The objective is to calculate the Water Balance and analyze the humidity, aridity and hydric indexes in addition to the water shortages and surpluses from 1962 to 2019 for the area of the hydrographic basin of the Ipojuca River and its surroundings, seeking to ascertain possible changes. The water balance was carried out following the methodology of Thornthwaite and Mather, through the computer program Normal Water Balance using an electronic spreadsheet. In the fluctuation of the aridity index, the central region of the basin stands out, with strong to moderate indexes above the values established for desertification. In the humidity index, significant reductions were recorded in the Zona da Mata region and in the upper Ipojuca River. Significant reductions in some municipalities have been recorded in the moisture index. Water deficiencies fluctuate when the water capacity available in the soil is reduced, becoming notorious in some municipalities, while water surpluses depend exclusively on inhibiting or causing rain factors in the studied area.

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

³ Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

⁵ Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

⁶ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil; Grupo POLUS

⁷ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil; Grupo POLUS

⁸ Universidade Estácio de Sá, Brasil



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUÇA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

KEYWORDS: *Water balance. Water oscillations. Climatic variables.*

1. INTRODUÇÃO

Variáveis meteorológicas a qual pode modificar as condições das safras agrícolas foram calculadas através do computo do balanço hídrico (BH), as quais são de principal estima em vários estudos, para a deliberação de locais propícios aos tipos de culturas, classificação climática, zoneamento e aptidões agrícolas. Estudo como o de Alfonsi et al. (1990), Pereira (2002), Varejão-Silva (2005) e Medeiros et al., (2015) onde definem o BH como a contabilidade hídrica do solo e dos ganhos e perdas d'água, e seu armazenamento, que se averíguam no local estudado. No BH a precipitação e a irrigação, são os fornecedores d'água, o deflúvio superficial, quantidade d'água armazenada no solo, drenagem e a ação simultânea da evapo(transpi)ração das plantas, onde a equação composta por estes elementos é considerada a soma tenha valor zero.

Silva et al., (2019) estudaram as oscilações do índice de aridez (I_a) interanual e sua vulnerabilidade à desertificação para a área da bacia do rio Ipojuca. Utilizaram-se dos cálculos do balanço hídrico, índice de aridez, classificação climática e nível de susceptibilidade, gerando-se o gráfico do índice e variabilidade de clima da área estudada. Os climas registrados na área de estudo foram do tipo Árido, Semiárido seco com níveis de susceptibilidade oscilando entre muito alta e alta. Áreas identificadas com vulnerabilidade à desertificação em razão do índice de menor aridez podem não estar localizadas em áreas degradadas. As áreas que apresentam maior índice de aridez e não são alocadas como processos de vulnerabilidade podem encontrar-se degradadas a ponto de serem consideradas áreas desertificadas. Esta variação poderá ocorrer devido ao uso inadequado do solo e do ambiente em estudo. Quanto maior a precipitação, maior será o índice de aridez, e diante a desertificação, menor será a susceptibilidade. A temperatura influencia na evapotranspiração, pois quanto maior a temperatura, maior a evapotranspiração e, conseqüentemente, menor o índice de aridez e, portanto, maior a susceptibilidade à desertificação.

Thornthwaite (1948) preparou os índices de umidade, aridez e hídrico objetivando a classificação climática e os autores Thornthwaite e Mather (1955) realizaram o balanço hídrico tendo com variáveis de saída a evapotranspiração potencial total anual, déficit hídrico anual de umidade na atmosfera, excedentes hídricos anuais de água no solo, entre outras. Os autores indicaram que o Índice de Aridez (I_a) é a razão entre o déficit anual de umidade e a evapotranspiração potencial; o Índice de Umidade (I_u) é o excedente anual de água no solo dividido pela evapotranspiração potencial; e o Índice Efetivo de Umidade (I_m) é o (I_u) multiplicado por 100, menos 0,6 vezes (I_a), multiplicado por 100.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE
E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA

Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya,
Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga,
Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

O índice de aridez (I_a) está diretamente ligado ao quociente da precipitação e à evapotranspiração. O I_a é dependente do volume de água da chuva e da respectiva perda gerada pela evaporação, transpiração ou evapotranspiração potencial. O I_a vem sendo utilizado para delimitar as áreas susceptíveis à desertificação no mundo. O referido índice varia de 0,05 a 0,65, correspondendo respectivamente às susceptibilidades muito alta e moderada (Schenkel et al., 2001).

Silva et al. (2011) analisaram séries climatológicas normais referentes aos períodos de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990, com dados oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), realizando o BH pela metodologia de Thornthwaite e Mather (1948) e as abordagens das mudanças climáticas e de classificação de Thornthwaite (1955), e posterior classificação e análise das indicações de mudanças climáticas para Recife-PE. Os autores ainda realizaram um levantamento histórico para o referido município, visando relacionar as variações do tempo e clima com as mudanças climáticas registradas.

Angiolella et al. (2005) garantiram que a água potável está se tornando cada vez mais escassa, e que os estudos de perdas hídricas são de extrema importância para sobrevivência humana e animal. O conhecimento da disponibilidade hídrica estabeleceria diretrizes para a implementação de políticas públicas necessárias para o planejamento e execução visando o uso racional, desse valioso recurso.

Medeiros (2020) realizou o BHS para o município de São Bento do Una (PE) com o intuito de verificar a contribuição do armazenamento e represamento d'água, em relação à crise hídrica, gerando e disponibilizando subsídios para os elaboradores de planejamento e projeto da área estudada. O autor conclui que a degradação ambiental, o efeito local da ação do homem tem por si só acelerado o processo de modificação do clima regional, com isso afetando diretamente as condições do regime pluviais e da disponibilidade d'água no solo. Sendo de extrema necessidade o uso de captação d'água de chuva e de outras fontes de armazenamento para a sobrevivência humana, animal e vegetal, contribuindo deste modo ao setor agropecuário e avícola da região.

Matos et al. 2019, Passos et al. (2016) e Holanda et al. (2019) afirmaram que o balanço hídrico é obtido computando a demanda e a disponibilidade hídrica por meio da precipitação (P), evapotranspiração real (ET_r), evapotranspiração potencial (ET_p), armazenamento d'água no solo (ARM), deficiência hídrica (Def) e excedente hídrico (Exc). Por meio do conhecimento desse fluxo de entrada e saída d'água no solo, ou seja, do balanço hídrico, que são definidos os períodos com deficiência e excedente hídrico, permitindo desta forma a classificação climática da região.

Segundo Medeiros et al. (2015) os índices climáticos (aridez, hídrico e umidade) simulam parte da caracterização de determinada região ou área, obtidos por meio do BH e da ETP. Sugerem que o BH seria ferramenta importante não apenas para cômputo de excesso e deficiência hídricas do solo, mas também como um método de classificação climática baseando-se no tipo de culturas que melhor se adequariam as condições atmosféricas reinantes. No índice



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE
E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUÇA

Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya,
Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga,
Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

de umidade perceberam instabilidades, sugerindo o uso da irrigação para o adequado desenvolvimento da agricultura. As oscilações do excesso hídrico foram significativas para alguns anos e insignificantes em outros, fato que não contribuiria para a reposição d'água no solo.

Holanda et al. (2016) realizaram a análise climatológica da precipitação decadal e seus comparativos históricos para o grande Recife – PE, utilizaram-se da série histórica dos dados compreendido entre 1915 e 2014, comparando as médias por décadas com a precipitação climatológica. Detectaram contribuições locais como a Zona de Convergência Intertropical, a Oscilação de Madding – Juliem, atuando com intensidade moderada, provocando chuvas acima da normalidade, em algumas décadas, registrando-se desastres de moderada a intensa proporção. As variabilidades interbairros da distribuição das chuvas e as atividades locais em conjunto com os fatores meteorológicos atuantes contribuíram ou deixaram de contribuir para produtividade agropecuária, nas engenharias agrícolas e agrônômicas armazenamento e abastecimento humano, animal, a socioeconômica, recursos hídricos e os e tomadores de decisões governamentais em caso de eventos externos de precipitações que possam vir a ocorrerem futuramente.

Santo et al. (2013) estudaram o comportamento das condições hídricas para caracterizar o período seco e chuvoso, analisando a disponibilidade hídrica de Recife, através da elaboração do BH e suas variáveis, com o intuito de compreender os períodos com deficiências e excedentes hídricos. Para as condições médias utilizaram-se das séries climatológicas de temperatura e precipitação do período de 1980 a 2010. Observaram que em condições médias ocorreu excedente hídrico nos meses de abril a agosto, reduzindo nos meses de setembro a fevereiro. A distribuição temporal espacial dos índices pluviométricos proporciona condições de armazenamento d'água, porém as precipitações abundantes contribuem para um quadro desfavorável ocasionando transtornos.

Pesquisas a respeito da ETP podem ser encontradas com diversas finalidades (HENRIQUE (2006); MENDONÇA (2008); VALIATI et al., 2003). Os índices aridez, umidade e hídrico têm como finalidade a caracterização, aptidões e o zoneamento climático local analisado. Esses índices representam a caracterização de determinada região, resultante por meio dos elementos do BH e a ETP.

Objetiva-se neste trabalho calcular o balanço hídrico climatológico e analisar os índices de umidade, hídrico e aridez além das deficiências e excedentes hídricos do período de 1962 a 2019 para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca e seu entorno, buscando averiguar possíveis mudanças e dando suporte de informações confiáveis aos tomadores de decisões governamentais.

2. MATERIAL E MÉTODO



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE
E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUÇA

Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya,
Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga,
Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

A bacia do Rio Ipojuca (BHRI) localiza-se em sua totalidade no Estado de Pernambuco, entre 08°09'50" e 08°40'20" de latitude e 34°57'52" e 37°02'48" de longitude. Devido à sua conformação alongada no sentido oeste-leste, essa bacia tem posição estratégica no espaço estadual, servindo de grande calha hídrica de ligação entre a Região Metropolitana do Recife e a região do Sertão Pernambucano. Os trechos superior, médio e submédio da bacia estão localizados nas regiões do Sertão e Agreste do Estado, enquanto que o trecho inferior tem parte de sua área situada na zona da Mata Pernambucana, incluindo a faixa litorânea, limita-se ao norte com a bacia do rio Capibaribe, grupo de bacias de pequenos rios litorâneos e com o Estado da Paraíba; ao sul com a bacia do Rio Sirinhaém; a leste com o oceano Atlântico; e, a oeste com as bacias dos Rios Ipanema e Moxotó e o Estado da Paraíba (APAC, 2020). (Figura 1).



Figura 1. Representação da bacia hidrografia do rio Ipojuca e municípios de entorno.
Fonte: Medeiros (2020).

À BHRI abrange área de 3.435,34 km², correspondendo a 3,49% da área do Estado de Pernambuco. Vinte e cinco municípios compõem a bacia, 14 possuem sedes dentro da bacia. O percurso do Rio Ipojuca tem cerca de 320 km, é preponderantemente orientado na direção oeste-leste, com regime fluvial intermitente, tornando-se perene a partir do seu médio curso, nas proximidades da cidade de Caruaru. Seus principais afluentes, pela margem direita, são os riachos: Liberal, Taquara e do Mel, e, pela margem esquerda, os riachos do Coutinho, dos Mocós, do Muxoxo e Pata Choca. O riacho Liberal, seu afluente mais importante, tem suas nascentes no Município de Alagoinha, e drena, ao longo dos seus 47 km de extensão, nas áreas municipais de Alagoinha, Pesqueira e Sanharó, e deságua no Rio Ipojuca. Seu estuário foi bastante alterado nos últimos anos, em decorrência da instalação do Complexo Portuário de Suape.

A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação com término no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

chuvoso concentra-se nos meses de maio, junho e julho e os meses secos ocorrem de outubro a dezembro. Os fatores provocadores de chuvas nos municípios são a contribuição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS), influência dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade, formações das linhas de instabilidades, orografia e suas contribuições locais formando nuvens e provocando chuvas de moderada a forte intensidade (Medeiros, 2016).

Os dados de chuva e temperatura média foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), com complementações, da Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC, 2020). Os dados foram analisados no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas, realizados pelo método da média ponderada pelo inverso da distância ao quadrado desenvolvido em planilhas eletrônicas por Medeiros (2016), para o período de 1962 a 2019.

O BH foi computado os dados mensais de temperatura e precipitação, coordenadas geográficas e altitude, segundo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), por intermédio do programa Balanço Hídrico Normal usando-se planilha eletrônica desenvolvida por Medeiros (2016). Determinou-se a evapotranspiração e a evaporação, deficiência e excedente hídrico, e os valores dos índices climáticos de Umidade, Aridez e Hídrico.

Na avaliação da ETP empregada requer séries de temperatura e insolação máxima. Expresso em (mm/mês) utiliza-se da forma para a realização do cálculo da ETP pela equação (Varejão-Silva, 2005).

$$ETP_j = \bar{E}_j \cdot E_j$$

Onde

E_j é a ETP (mm/dia) não ajustada aplicada a forma:

$$E_j = 0,533 \left(\frac{10 \bar{T}_j}{I} \right)^a$$

Em que

\bar{T}_j é a temperatura mensal do mês j (°C);

I é o índice anual de calor definido através de:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

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

$$i_j = \left(\frac{\bar{T}_j}{5} \right)^{1,514}$$

O expoente “a” é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49$$



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

F_j é definido como o número de dias do mês D_j (em janeiro, $D_1 = 31$; em fevereiro $D_2 = 28$; etc.) e da insolação máxima do dia 15 do mês j (N_j), considerado representativo da média desse mês, definido por:

$$F_j = \frac{D_j \cdot N_j}{12}$$

No cálculo da insolação máxima do dia 15, utilizou-se a seguinte expressão:

$$N = (2/15)[\text{arc.cos}(-\text{tg}\phi \cdot \text{tg}\delta)] j$$

Em que ϕ é a Latitude local e δ a Declinação do Sol em graus, para o dia considerado; definido por:

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

Em que, “d” é o número do dia do calendário Juliano. Quando a temperatura média desse mês for igual ou superior a 26,5 °C, Thornthwaite (1948) assumiu que E_j independe do índice anual de calor e utiliza-se para sua estimativa uma tabela apropriada.

O índice de umidade representa o excesso hídrico dado em percentagem da necessidade da ETP, segundo a forma:

$$I_u = 100. \text{EXC}/\text{ETP}$$

O Índice de aridez (I_a) distingue-se por lembrar a deficiência hídrica dada em percentagem da ETP. É definido pela relação entre deficiência e evapotranspiração pela forma:

$$I_a = 100. \text{DEF}/\text{ETP}$$

Comumente durante o ano registram-se excesso e falta d’água. Por isso, define-se o índice hídrico da seguinte maneira:

$$I_h = I_u - 0,6 \cdot I_a$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 tem-se as representações dos valores mensais e anuais de temperatura (°C); precipitação (mm); Evapotranspiração (mm); Evaporação (mm); Deficiência hídrica (mm) excedente hídrico (mm); Percentual da precipitação em relação a evapotranspiração (%P/ETP) e percentual da precipitação sobre a evaporação (%P/EVR), no período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca – PE.

A temperatura oscila entre 20,4°C (julho) a 24,5°C (janeiro) com temperatura anual de 22,8°C. Com precipitação anual de 882,6 mm e suas oscilações fluindo entre 19,1 mm (outubro) a 128,6 mm (abril). 1118,0 é o total evapotranspirado na bacia do rio Ipojuca. A ETP oscila entre 67,2 mm (julho) a 114,9 mm (dez). Evapotranspirou 21,05% acima do valor pluviométrico. A ETP foi superior a precipitação nos meses de janeiro, fevereiro, março, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro. Evaporou 9,20% abaixo dos índices pluviométricos. Registrou-se deficiência hídrica entre setembro a fevereiro totalizando 309,7 mm, os excedentes hídricos ocorreram entre



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

junho e julho totalizando 74,1 mm. Estudo como o de Marengo et al., (2008) e Medeiros et al., (2020) corroboram com os resultados em discussões.

Tabela 1. Representações dos valores mensais e anuais de temperatura (°C); precipitação (mm); Evapotranspiração (mm); Evaporação (mm); Deficiência hídrica (mm) excedente hídrico (mm); Percentual da precipitação em relação a evapotranspiração (%P/ETP) e percentual da precipitação sobre a evaporação (%P/EVR), no período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca - PE.

Meses	T(°C)	P(mm)	ETP(mm)	EVR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Janeiro	24,5	44,1	114,5	46,7	67,8	0,0
Fevereiro	24,3	62,6	104,2	63,5	40,7	0,0
Março	24,1	116,9	111,4	111,4	0,0	0,0
Abril	23,3	128,6	96,1	96,1	0,0	0,0
Mai	22,3	114,1	86,2	86,2	0,0	0,0
Junho	21,0	120,0	70,3	70,3	0,0	17,3
Julho	20,4	124,3	67,2	67,2	0,0	57,0
Agosto	20,5	59,7	69,0	68,6	0,4	0,0
Setembro	21,9	39,0	80,7	70,0	10,6	0,0
Outubro	23,1	19,1	98,3	52,0	46,4	0,0
Novembro	23,8	19,8	105,2	35,4	69,8	0,0
Dezembro	24,2	34,5	114,9	40,9	74,0	0,0
Anual	22,8	882,6	1118,0	808,2	309,7	74,4

Fonte: Medeiros (2021).

Na Figura 2 observam-se o gráfico do balanço hídrico no período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca - PE. Destacam-se os meses de setembro a fevereiro com registro de deficiências hídricas; retirada d'água no solo entre agosto e janeiro; reposição d'água compreendida entre março e junho e excedente hídrico entre junho e julho. Os valores anuais representativos do balanço hídrico estão acoplados à figura, destacamos os índices (Ia%); (Iu%) e (Ih%) com seus respectivos valores da área estudada. Resultados similares foram detectados nos estudos de Medeiros et al. (2020); Horiskoski et al. (2007).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

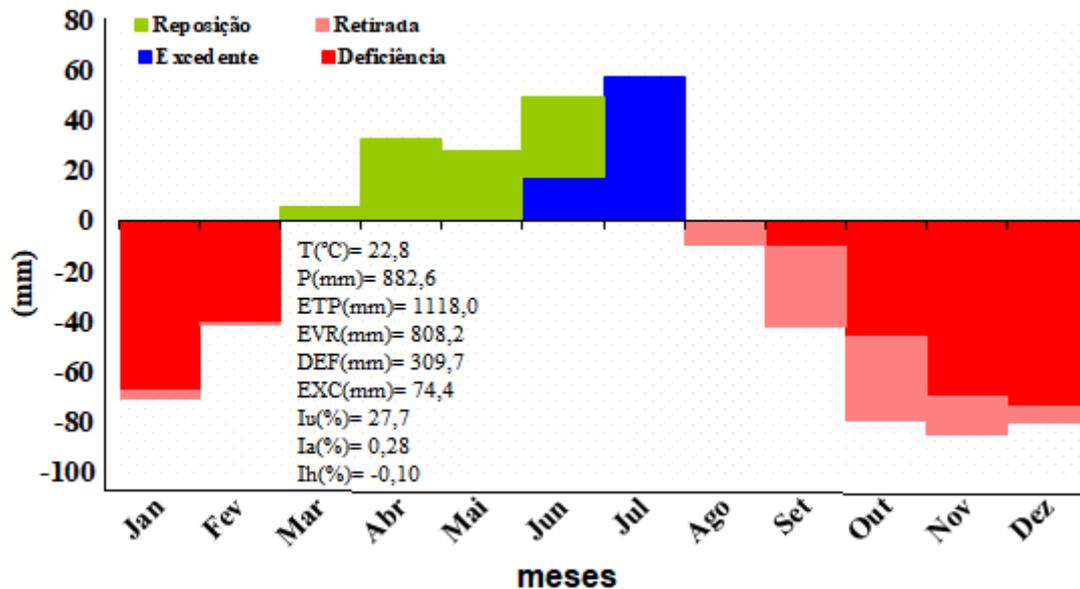


Figura 2. Gráfico do balanço hídrico no período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca - PE.

Fonte: Medeiros (2021).

Na Figura 3 tem-se a representação gráfica da precipitação, evapotranspiração (ETP) e evaporação (EVR) no período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca – PE. A precipitação iguala-se a evaporação nos meses de janeiro a março, ficou abaixo da taxa pluvial entre os meses de abril a julho e superou a precipitação entre agosto a dezembro. A EVR igualou-se a ETP nos meses de março a agosto. A ETP superou a precipitação nos meses de janeiro e fevereiro e de setembro a dezembro. A precipitação superou a ETP e EVR entre março e julho.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

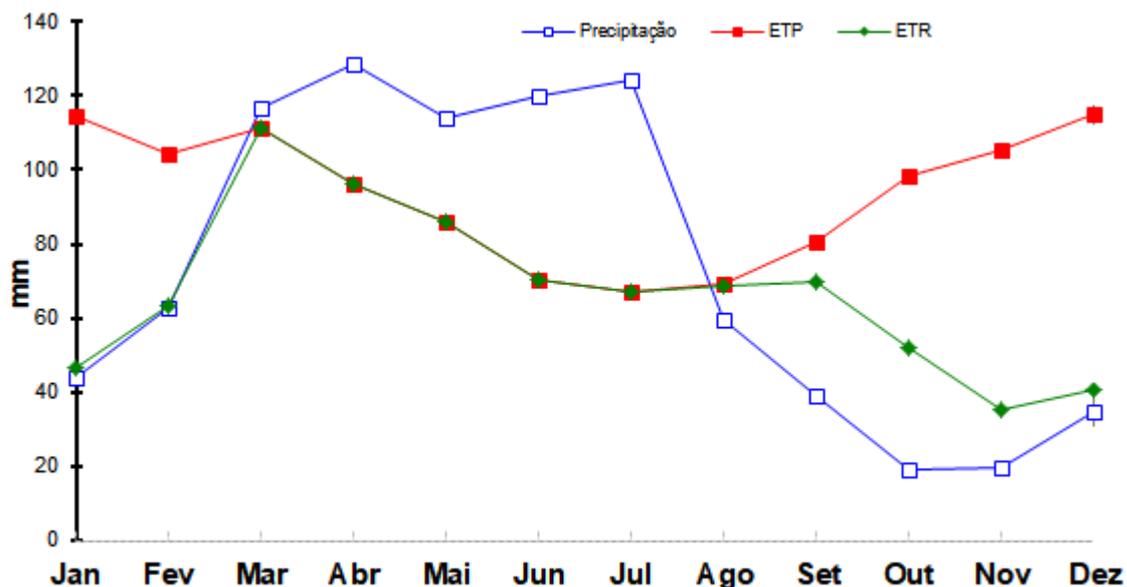


Figura 3. Representação gráfica da precipitação, evapotranspiração (ETP) e evaporação (EVR) no período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca - PE.

Fonte: Medeiros (2021).

O índice de umidade (I_u) concebe o excesso hídrico expresso em percentagem da necessidade que é representada pela ETP, ambas anuais. Na Figura 4 observam-se as variabilidades dos I_u (%) do período 1962 a 2019 para a área da BHRI. A variabilidade do índice de umidade oscilou entre 18 e 48%. Os menores índices de umidade estão localizados na Zona da Mata e litoral, na região do médio Ipojuca ($35,6^\circ - 36,2^\circ$) concentram-se os altos valores dos índices de umidade com fluvariabilidade entre 33 e 48%. No setor este ou alto Ipojuca registraram-se índices de umidade oscilando entre 28 e 38%. Estas fluvariabilidades estão interligadas as flutuações pluviométricas e os fatores provocadores e/ou inibidores de chuva na área estudada.

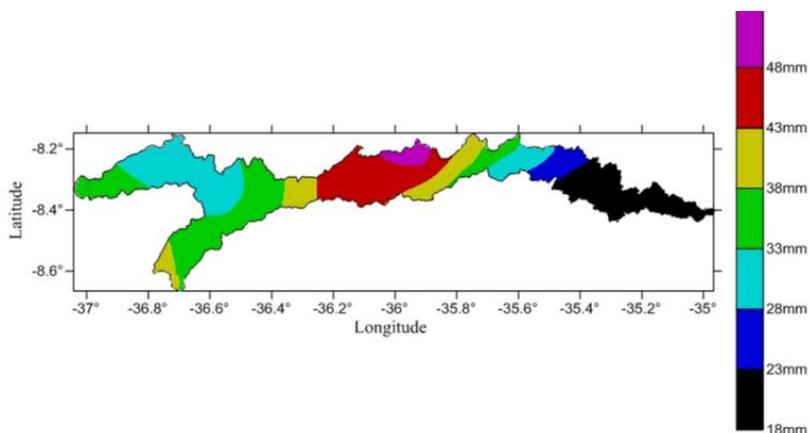


Figura 4. Índices de umidade (%) no período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca-PE.

Fonte: Medeiros (2021).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

O Índice de Aridez (I_a) caracteriza-se por indicar a deficiência hídrica expressa em percentagem da ETP. É definido em função da deficiência e ETP, representando o quanto uma região é árida. Para estudo de intensificação ou não deste índice, é necessária uma análise temporal do comportamento do mesmo. O índice de aridez relaciona-se inversamente com o índice de umidade.

O índice de aridez cresce no sentido Leste-Oeste com variabilidade de 0,18 a 0,48%. Figura 5. Na região leste da bacia se registou o menor índice de aridez, na central registrou-se altos valores dos índices de aridez, na região oeste a fluatibilidade do índice de aridez fluiu entre 0,24 e 0,36%, corroborando com os estudos de Francisco et al. (2015).

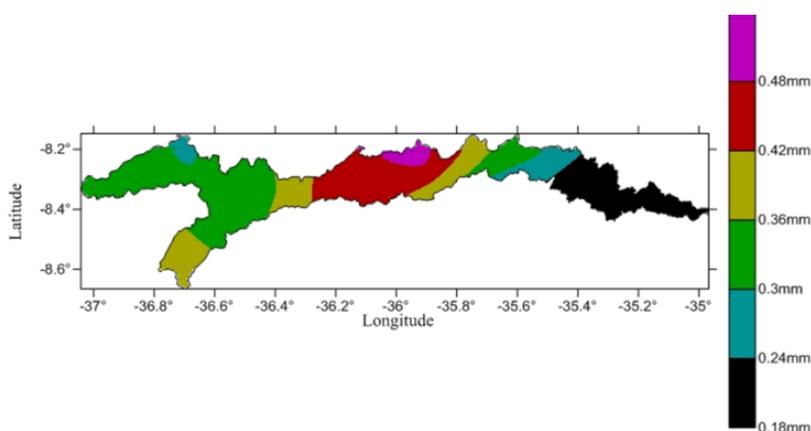


Figura 5. Índices de aridez (%) do período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca-PE.

Fonte: Medeiros (2021).

Durante o ano registraram-se estações de excesso e escassez d'água, estas variabilidades estão interligadas aos sistemas de meso e microescala, seguidamente dos fatores inibidores e/ou causadores de chuva na bacia. O índice hídrico é função dos índices de aridez e de umidade.

Na Figura 6 observa-se as variabilidades do índice hídrico (%) do período 1962 a 2019 para a área da BHRI, com fluatibilidades oscilando entre -0,3 a 0,34%. Na região da Zona da Mata, em razão de sua proximidade ao litoral, têm-se altos valores do índice hídrico, com flutuações de 0,1 a 0,34%. Na região central e parte da região sudeste e sul-sudoeste registram-se os menores valores dos índices hídricos, no setor este as variabilidades dos índices hídricos foram de -0,3 a -0,14%, demonstrando que os índices pluviiais não possibilitaram atender as demandas d'água na região.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUÇA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

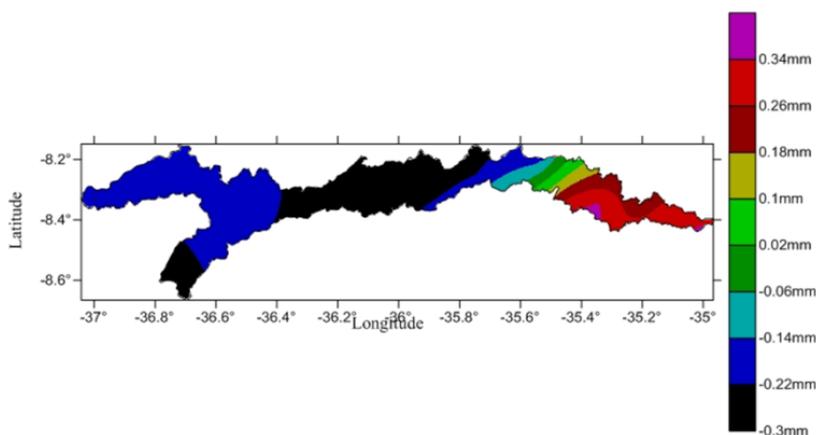


Figura 6. Índice hídrico (%) do período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca - PE.

Fonte: Medeiros (2021).

O BH é ferramenta importante não apenas pelo cálculo de excesso e deficiências hídricas do solo, mas como método de classificação de dada região e indicativo de possíveis atividades agropecuárias a serem apoiadas na região.

Na Figura 7 visualizam-se as deficiências hídricas (mm) do período 1962 a 2019 para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Observou-se variabilidade de 250 a 520 mm para os índices de deficiência hídrica, as flutuações estariam interligadas aos sistemas meteorológicos atuantes no período de estudo. Destaca-se a Zona da Mata e a região central da bacia com maiores variabilidades das deficiências hídricas. Estudo realizado por Medeiros et al. (2013) para o estado do Piauí vem a corroborar com o estudo atual.

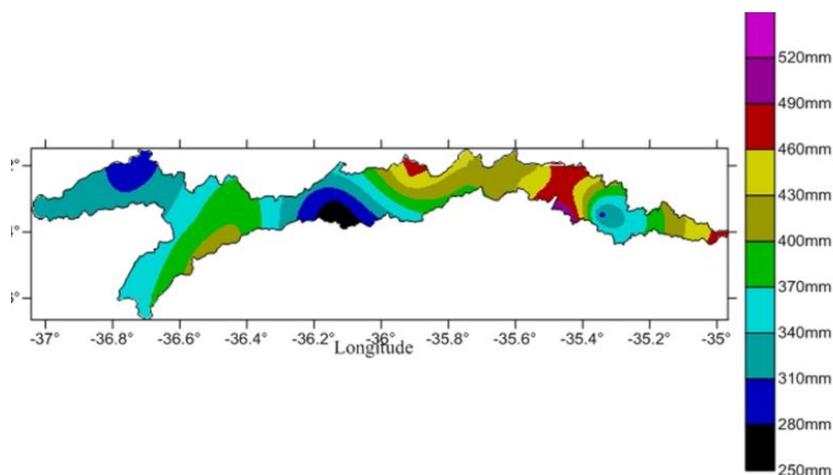


Figura 7. Deficiência hídrica (mm) do período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

Fonte: Medeiros (2021).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE
E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA

Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya,
Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga,
Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

Os excedentes hídricos são apresentados na Figura 8, entre o período de 1962 a 2019 na área da bacia hidrográfica, oscilando entre 0 e 750 mm. Utilizou-se da capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm para determinação dos excedentes hídricos. Observou-se flutuações no sentido Leste-Oeste, com menores excedentes na região da Zona da Mata, região central e em pequena área da região da alta bacia. Os excedentes estariam conectados à qualidade do período chuvoso e aos fatores meteorológicos atuantes.

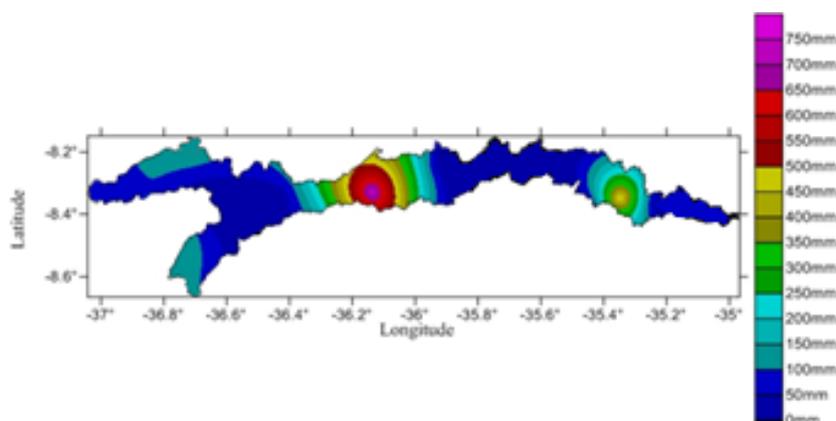


Figura 8. Excedente hídrico (%) do período de 1962 a 2019 para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

Fonte: Medeiros (2021).

Horikoshi et al. (2007) sugere que para saber se determinada área proporciona deficiência ou excesso de água durante o ano, seria indispensável comparar dois elementos opostos do balanço hídrico, a precipitação, que aumenta a umidade do solo e a evapotranspiração, que diminui a umidade do solo. Esta afirmação vem a corroborar com o estudo aqui apresentado.

Na Tabela 2 têm-se as variabilidades estatísticas para precipitação; temperatura média do ar; deficiências hídricas; excedentes hídricos; e dos índices: umidade, hídrico e aridez, com seus valores anuais para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

Tabela 2. Variabilidade estatística para precipitação; temperatura; deficiências hídricas; excedentes hídricos; e dos índices: umidade, hídrico e aridez, para a área da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

Parâmetros	Variabilidade dos parâmetros (mm)					Coeficiente Variância
	Mínima	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	
Precipitação	565,5	818,4	1946,3	882,6	387,5	0,43
Temperatura média	20,6	26,1	26,2	23,5	1,6	0,07
Deficiência Hídrica	227,9	280,2	562,6	374,4	95,5	0,25



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUÇA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

Excedente Hídrico	0,0	268	735	125,1	220,9	1,76
Índice de Umidade	17,8	34,1	49,2	33,6	9,4	0,28
Índice Hídrico	-0,3	-0,178	0,4	-0,1	0,2	-2,07
Índice de Aridez	0,2	0,34	0,51	0,3	0,1	0,28

Fonte: Medeiros (2021).

A mediana sugere a probabilidade de ocorrência de valores serem mais representativos da amostra que o desvio padrão e a média, os valores máximos e mínimos registrados tem probabilidade de retorno entre 7 e 10 anos, os excedentes e as deficiências hídricas estão interligados aos períodos chuvosos e suas variabilidades, dependendo do auxílio da micro e das contribuições locais. Os índices hídricos e de umidade registram variabilidades irregulares e estão interligados aos fatores inibidores ou provocadores de chuva na área estudo. O índice de aridez apresentou valores superiores aos de desertificações.

É assumido que a média possa sofrer alterações, permanecendo o desvio padrão inalterado (BEM-GAI et al., 1998). Foi demonstrado por Mearns et al. (1984), Katz (1991) e Katz et al. (1992) que a frequência relativa de eventos extremos depende das mudanças no desvio padrão e não apenas da média. Katz (1991) supõe que uma mudança em uma variável, climática que possua distribuição de probabilidade, poderá resultar em uma mudança na forma de sua distribuição.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices calculados no balanço hídrico demonstram grande variabilidade espacial da aridez, hídrico e umidade na bacia, entretanto os índices de aridez estão acima dos valores estabelecidos para a desertificação.

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

As deficiências hídricas oscilam quando reduz a capacidade de água disponível solo (CAD), tornando-se mais notório em alguns municípios, ao passo que os excedentes hídricos dependem exclusivamente dos fatores inibidores ou provocadores de chuva na área de estudo.

Na variação do índice de aridez destaca-se a região central da bacia, com moderados a fortes, com índices acima dos valores estabelecidos para a desertificação.

Na região da Zona da Mata e no alto rio Ipojuca o índice de umidade registrou reduções significativas em alguns municípios.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA
Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

REFERÊNCIAS

ALFONSI, R. R.; PEDRO JUNIOR, M. J.; ARRUDA, F. B.; ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O. **Método agrometeorológicos para controle da irrigação**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1990. p.62.

ANGIOLELLA, G. D.; VASCONCELOS, V. L. D.; ROSA, J. W. C. Estimativa e espacialização do balanço hídrico na meso região sul da Bahia. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21, abril, 2005.

APAC. **Agencia Pernambucana de água e clima do Estado de Pernambuco**. Recife: APAC, 2018.

BEM-GAI, T.; BITAN, A.; MANES, A.; ALPERT, P.; RUBIN, S. Spatial and temporal changes in rainfall frequency distribution patterns in Israel. **Theor. Appl. Climatol.** v. 61, p.177-190, 1998.

HENRIQUE, F. A. N. **Estimativa da Evapotranspiração de Referência em Campina Grande – PB. Campina Grande**. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. **Revista Pantaneira**, v. 16, p. 57-68, 2019.

HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M.; SILVA, V. P. R. **Recife-PE, Brasil e suas flutuabilidades da precipitação decadal**. Natureza, Sociobiodiversidade e Sustentabilidade, 26 a 29 de outubro, 2016. Costa Rica: Universidade Nacional, Sede Chorotega Nicoya, 2016. p.230-245.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 2, p. 33-46, 2007.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil**. Brasília-DF: Inmet, 2017.

KATZ, R. W. Towards a statistical paradigm for climate change. Preprints, 7TH Conference on Applied climatology. **American Meteorological Society**, Boston, v. 18. n. 4, p. 185-197, 1991.

KATZ, R. W.; BROWN, B.G. Extreme Events inaChanging Climate: Variability is more important than averages. **Climate Change**. v. 21, n. 3. p. 289-302, 1992.

MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; BARROS, A. S.; DANTAS NETO, J.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. S. et al. Aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca no município de Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Geografia Física** [online], v. 12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbqf.v12.5.p%25p>.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M. Balanço hídrico sequencial para Lagoa Seca – Paraíba – Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-26, 2020.

MEDEIROS, R. M. **Balanço hídrico em planilhas eletrônicas conforme formulação de Thornthwaite (1948; 1957)**. Campina Grande: [S.e.], 2016.

MEDEIROS, R. M.; BRITO, J. I. B. Variabilidade de índices climáticos para o Estado do Piauí. *In.*: I Colóquio Tecnologia Ambiental e Biodiversidade e III Encontro de Pós-Graduação do ITEP, 2013, Recife. **I Colóquio Tecnologia Ambiental e Biodiversidade e III Encontro de Pós-Graduação do ITEP**. Recife: ITEP, 2013. v.1.

MEDEIROS, R. M.; SILVA, V. M. A.; ARANHA, T. R. B. T.; RIBEIRO, V. H. A.; SOUSA, T. P. Variabilidade de índices climáticos para Lagoa Seca no período de 1981-2012. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, n. 2, p. 99-110, abr./jun. 2015.

MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SANTOS, D. Análise e Mapeamento dos Índices de Umidade, Hídrico e Aridez Através do Balanço Hídrico Climatológico para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 03, p. 327-340, 2015.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

GEOESPACIONALIZAÇÃO DOS ÍNDICES CLIMÁTICOS: ARIDEZ, UMIDADE
 E HÍDRICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUÇA

Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya,
 Manoel Vieira de França, Márcia Liana Freire Pereira, Salatiel Ewen Braga,
 Fernando Cartaxo Rolim Neto, Wagner Rodolfo de Araújo

MENDONÇA, E. A. **Estimativa da Evapotranspiração de Referência no Município de Capim – PB**. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1931-1960**. Brasília-DF: INMET, 2009. p.465.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília-DF: INMET, 2009. p.465.

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** [online], v. 10, 2016. DOI: 10.7127/rbai.v10n400402.

PEREIRA, A. P. A.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. **Agropecuária**, Guaíba –RS, p.478, 2002.

SANTOS, D. C.; MEDEIROS, R. M.; BRITO, J. I. B. Estimativa do Balanço Hídrico Climatológico em Recife-PE *In.*: I Colóquio Tecnologia Ambiental e Biodiversidade e III Encontro de Pós-Graduação do ITEP, 2013, Recife - PE. **I Colóquio Tecnologia Ambiental e Biodiversidade e III Encontro de Pós-Graduação do ITEP**. Recife - PE: ITEP, 2013.

SCHENKEL, C. S.; MATALLO JÚNIOR, H. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2001. p. 345.

SILVA, C. J.; FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M. O índice de aridez e sua tendência à desertificação na bacia do Rio Ipojuca-PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 04, n. 01, p. 021-030, 2019.

SILVA, V. M. A.; MEDEIROS, R. M.; PATRICIO M. C. M.; TAVARES, A. L.; MELO, M. M. M. S. Estimativa de mudanças climáticas a partir da classificação do balanço hídrico em Recife (PE). **III Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e I Workshop da Rede PELD SerCaatinga**. 2011. p.143-158.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology – Drexel Institute of Technology**, New Jersey, v. 8, n. 1, p. 1-86, 1955.

VALIATI, M. I.; DUTRA, I.; CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F. Estimativa da evapotranspiração potencial em ambiente protegido utilizando o método do Tanque Classe A e de Penman-Monteith. *In.*: **Anais Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Santa Maria-RS: SBA, 2003. p.63-64.