

Autor | Author

Raimundo Mainar de Medeiros*

mainarmedeiros@gmail.com

MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM TACAIMBÓ - PE, BRASIL

CLIMATE CHANGE IN TACAIMBÓ - PE, BRAZIL

Resumo: Objetiva-se avaliar os possíveis eventos extremos de ocorrência de mudanças climáticas no município de Tacaimbó - Pernambuco e as suas flutuações nas condições hídricas por meio do panorama climático futuro de precipitação e temperatura do ar com intuito de mostrar os efeitos do aquecimento global através do balanço hídrico. Os dados empregados foram para cenários de precipitação e temperatura do ar mensal média com redução de 10% e 1°C (cenário otimista = B2) e 20% e 4°C (cenário pessimista=A2). Utilizou-se o método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1948; 1955). Os índices pluviométricos serão insuficientes para vários tipos de culturas, sendo assim inviável para este município o desenvolvimento de práticas agrícolas de sequeiro, caso estes cenários advenham, principalmente analisando pela vertente do cenário pessimista. No cenário pessimista, ficara crítica à condição de armazenamento de água das chuvas para o consumo humano e animal, necessitando de planejamento futuro para construções de cisternas e outros similares para a realização de armazenamento de água e minimização dos impactos.

Palavras-chave: fatores climáticos e meteorológicos, deficiências e excedente hídrico.

Abstract: *The objective of this study was to evaluate the possible extreme events of climatic changes in the city of Tacaimbó - Pernambuco and their fluctuations in water conditions through the future climate scenario of precipitation and air temperature in order to show the effects of global warming through the balance water. The data used were for rainfall scenarios and average monthly air temperature with a reduction of 10% and 1°C (optimistic scenario = B2) and 20% and 4°C (pessimistic scenario = A2). The water balance method of Thornthwaite and Mather (1948; 1955) was used. The rainfall indexes will be insufficient for several types of crops, so it is not feasible for this municipality to develop rainfed agricultural practices, if these scenarios arise, mainly analyzing the slope of the pessimistic scenario. In the pessimistic scenario, it will be critical to the rainwater storage conditions for human and animal consumption, requiring future planning for cistern constructions and the like for water storage and impact minimization.*

Keywords: *climatic and meteorological factors, deficiencies and water surplus.*

Introdução

A realização de balanço hídrico climatológico foi calculada pelo método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), visando detectar as possíveis mudanças climáticas e suas variabilidades na tempe-

ratura e precipitação utilizando-se de cenário pessimista (A2), a redução de 20% da chuva e o aumento de 4°C na temperatura média do ar. Num cenário otimista (B2) o IPCC prevê redução de 10% da precipitação e o aumento de 1°C da temperatura do ar.

O balanço hídrico pode ser estudado em várias escalas. Numa escala mundial, ele trata da circulação da água entre a terra e a atmosfera. Libardi (1995) ilustrou com valores numéricos a distribuição da água, onde 96,0% do total existente nos continentes, oceanos e atmosfera são representados pelos oceanos; a água dos continentes representa 4,0% do total e a da atmosfera 0,001%.

O balanço hídrico climatológico, descrito por Thornthwaite e Marther (1955), é uma das diversas maneiras de se monitorar o armazenamento de água no solo. Por utilizar somente valores médios mensais de temperatura e precipitação, não pode atender situações surgidas as quais se exige o conhecimento das diferentes probabilidades mensais de ocorrências de excesso e de deficiência de água. Entretanto, partindo-se de uma capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao tipo de planta cultivada, produz resultados úteis para a caracterização climatológica da região e informa sobre a distribuição das deficiências e excessos de chuva, do armazenamento de água no solo, tanto na escala diária como mensal e regional.

Por meio do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) é possível determinar as localidades que apresentam déficit ou excesso hídrico, utilizando variáveis como a precipitação e evapotranspiração. Segundo Silva et al. (2006), que afirmaram que os balanços hídricos são importantes para acompanhar a dinâmica da água em ecossistemas agrícolas e naturais.

Nesta acepção, o balanço hídrico climatológico, desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela chuva (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP) e com a capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao estudo, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração potencial (ETP), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal (Pereira et al., 1997).

A circulação geral da atmosfera colabora pelos tipos de climas existentes no planeta Terra. Portanto, os elementos climáticos são responsáveis pela dinâmica da atmosfera, em mútua e sucessiva interação com a superfície terrestre. Marengo (2011).

Elementos que condicionam as safras agrícolas são aquelas obtidas por meio do Balanço hídrico, como, precipitação, temperatura, evaporação, evapotranspiração sendo de fundamental importância em diversos estudos de um determinado local que são favoráveis a determinado tipo de cultura, classificação climática, entre tanto outras aplicações. Conforme os autores Pereira (2002) e Varejão-Silva (2005) definem balanço hídrico como sendo a contabilidade hídrica do solo de todos os ganhos e perdas de água, conjuntamente com o armazenamento os quais se verificam no solo. No balanço hídrico têm-se integrantes como: a precipitação e irrigação, que são os fornecedores de água no solo, o deflúvio superficial, à quantidade de água que ficou armazenada neste mesmo solo, a drenagem profunda, e por fim, a ação simultânea da evaporação e da transpiração das plantas, onde a equação composta por essas variáveis é considerada de modo que todos somados tenham valor zero, contribuindo para o raciocínio do balanço hídrico (BH).

Outras problemáticas esperadas são as reduções dos índices pluviométricos que poderão atingir uma faixa de 60% dos valores mensais, com isto os reservatórios de armazenamento de águas ficarão obsoletos restringindo ainda mais a água potável para a sobrevivência humana e animal, também sofrerão mudanças à fauna e a flora, podendo algumas espécies entrar em extinção Marengo (2011).

Menezes et al. (2015) analisaram o comportamento das condições hídricas e edáficas no município de Bom Jesus – PI, baseando-se em cenários climáticos futuros. O BHC foi calculado conforme o método de Thornthwaite e Mather (1948; 1955) trabalhando-se com os cenários de acordo a metodologia do IV Relatório do IPCC, que prevê cenário pessimista (A2), a redução de 20% da chuva e o aumento de 4°C na temperatura média do ar. Num cenário otimista (B2) o IPCC prevê redução de 10% da precipitação e o aumento de 1°C da temperatura do ar. O valor anual da evapotranspiração potencial foi de 1.573,9 mm para o cenário normal, 1.789,1mm para o cenário B2 e 2843,7mm para o cenário A2, o que corresponde a 62,6%; 55,04% e 34,63% da precipitação anual (984,8 mm) respectivamente. Já os valores da evaporação foram de 928,2mm; 886,2mm e 787,8mm para o cenário B2 e A2 respectivamente. Esses valores poderão causar impactos significativos nas atividades agrícolas de sequeiro e no abastecimento de água, caso haja a confirmação dessas mudanças no clima da região. Não ocorrerão excedentes hídricos para os cenários B2 e A2. O déficit hídrico registrou-se aumento, o que provocará estresse hídrico na maioria das culturas.

Medeiros et al. (2012) avaliou o comportamento das condições hídricas em decorrência do aquecimento global, analisando a disponibilidade hídrica futura do município de Cabaceiras. Para averiguar o comportamento hídrico efetuou-se o cálculo do BHC segundo os métodos de Thornthwaite e Mather utilizando-se da série de precipitações e da temperatura média do ar mensal para o período de 1926 a 2011. Utilizou-se dos cenários de precipitação mensal (redução de 10% e 20%) e de temperatura (acréscimo de 1°C e 4°C) para os cenários extremos de emissão de CO₂, otimista e pessimista, concomitantemente. Observou-se que em condições médias ocorreu deficiência hídrica em todos os meses para os casos do BHC e para as simulações de reduções de 10% e 20%. O valor da evapotranspiração potencial anual é aproximadamente quatro vezes superior ao da precipitação, e o valor da evaporação real é igual a da precipitação anual. Na simulação do balanço hídrico com redução de chuvas em 10% e aumento de 1°C na temperatura média ocorreu redução nos índices pluviométricos e evaporativos, ao passo que a evapotranspiração potencial continua em elevação extrema, a mesma descrição pode ser refeita para o cenário com redução de chuvas em 20% e aumento de 4°C na temperatura média.

Santos et al. (2013) mostraram que o diagnóstico do balanço hídrico é um dos embasamentos para conhecer os efeitos antrópicos sobre o meio natural, disponibilidade hídrica e sustentabilidade ambiental. O objetivo foi avaliar a variabilidade do BHC nas últimas três décadas (1980-1989; 1990-1999 e 2000-2009) para o Distrito Federal e verificar possíveis indícios de mudanças climáticas que possam ter ocorrido neste período. Verificou-se que os excedentes e as deficiências hídricas, apresentaram maior variabilidade interanual nas últimas décadas, decorrente da maior irregularidade entre máximos e mínimos das chuvas anuais. Diagnosticaram-se indícios de déficits já a partir dos meses de maio a setembro o que pode refletir na ocupação e consequente impermeabilização da superfície, onde o volume infiltrado diminui significativamente, resultando em aumento do fluxo superficial total pela interceptação artificial.

Medeiros et al. (2015) utilizaram dados de precipitação climatológica média mensal e anual do período de 1912 a 2014. Os dados de temperatura foram estimados pelo Software Estima_T e com os dados obtidos foram elaborados cenários otimista e cenário pessimista e aplicou-se o método do balanço hídrico com o valor de referência de 100 mm para as seis regiões homogêneas do Estado da Paraíba. Os

resultados demonstraram que as evapotranspiração apresentaram aumentos em todas as regiões e nos dois cenários; os índices evaporativos mantiveram-se em reduções nos dois cenários; as deficiências e os excedentes hídricos sofreram oscilações de altos e baixos em todos os cenários

O BHC mensal para a área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto foi executado segundo o método de Thornthwaite e Mather (1948, 1955), que visam o planejamento agropecuário e hidrológico de possíveis mudanças climáticas. O BHC resultou em oito meses de deficiência hídrica com total acumulado de 643,4 mm, ocorrendo excedente hídrico nos meses de fevereiro e março, evapotranspirando 90% dos índices das chuvas ocorridos. Não se verificou tendências de mudanças climáticas sobre os índices pluviométricos, sendo provável de ocorrerem em curtos intervalos de tempo e com alta intensidade. Deve ter um bom planejamento de sustentabilidade para o setor agropecuário e hidrológico; pois as irregularidades das chuvas são extremas e deve ter como armazenar águas deste as chuvas da pré-estação ao final do período chuvoso de acordo Medeiros (2014).

Costa et al. (2015) avaliaram a variação da evaporação no tanque classe "A" no município de Teresina-PI em três décadas e meia e realizaram comparação com as mudanças na urbanização ocorrida em tal período, encontram alterações nos índices evaporativos em face da ocupação do Homem e suas respectivas modificações no espaço. O bloqueio do vento devido ao crescimento horizontal vem contribuindo para a redução da evaporação, o contrário ocorre quando chove, não havendo escoamento superficial e ao término da precipitação os índices evaporativos fluem em maiores proporções devido à troca de calor. A série de dados diários de evaporação utilizada neste trabalho foi separada entre períodos, de 1986-1995, 1996-2005, 2006-2011 e comparados com a série completa de 1976-2011, finalizando com uma análise comparando os 35 anos de dados com o ano de 2011. Verificou-se que as oscilações de menores e maiores valores ocorridos, tem destaque para as décadas 1976-1985 e 1986-1995 que apresentaram as menores variações. A década de 2006-2011 no mês de outubro apresentou a maior flutuação dos períodos estudados. As flutuações anuais oscilaram entre 1.852,7 a 2.409,4 mm. Os índices evaporativos tiveram maiores significâncias a partir da década de 1996, devido à verticalização urbana, alteração da área vegetal, compactação do solo, aterramento de lagoas e eutrofização dos espelhos da água.

A evapotranspiração é o fenômeno associado à perda simultânea de água do solo pela evaporação e

da planta pela transpiração. Ela significa a demanda máxima de água pela cultura e vem a tornar-se o referencial de máxima reposição de água à cultura, seja pela irrigação e/ou precipitação de acordo com Barros et al. (2012).

Trabalhos semelhantes foram realizados pelos autores, Vestena et al. (2008); Matos et al. (2014); Silva et al. (2006); Carvalho et al. (2004); Folhes et al. (2006); Liberato et al. (2010)

Objetiva-se avaliar as oscilações das mudanças climáticas e das condições hídricas através dos elementos climáticos como: temperatura média do ar, umidade relativa do ar, evapotranspiração, evaporação e precipitação, efetuando o balanço hídrico com redução de 10% e 20% nos índices pluviométricos (cenário pessimista=A2), e aumento de 1°C e 4°C na temperatura (cenário otimista = B2).

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Tacaimbó localiza-se nas coordenadas geográficas de latitude 08°20' [sul](#) e [longitude](#) 36°17' [oeste](#), com altitude média de 576 metros em relação ao nível do mar. Sua população estimada em 2010 era de 12.095 habitantes, Com densidade demográfica de 57,60 hab/km². Possui área territorial de 210,94 km². Limita-se ao norte e oeste com o município de Belo Jardim; leste com São Caetano e ao sul com Cachoeirinha. (Figura 1).

Figura 1 - Localização do município de Tacaimbó dentro do Estado.



Fonte: adaptada pelo autor.

A área de estudo encontra-se inserida na mesorregião do agreste e na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1000 metros. Com respeito à fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância de média para alta. A área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo.

A vegetação é formada por Florestas Subcaducifólicas e Caducifólicas, próprias das áreas agrestes.

O município de Tacaimbó tem superfícies suas onduladas a onduladas, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e ainda os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural oscilando de média a alta. Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média. Nos Vales dos rios e riachos, registram-se os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais. Ocorrem ainda Afloramentos de rochas.

O clima de Tacaimbó de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1928) é do tipo As (tropical chuvoso, com verão seco, a estação chuvosa se adiantando para o outono) tal classificação esta em conformidade com Alvares et al. (2014) e com Medeiros et al. (2018). O regime pluvial é caracterizado por sua distribuição irregular tanto espacial como temporal, que é uma característica do Nordeste brasileiro, em função disto a sazonalidade pluvial concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses no período chuvoso.

A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes da quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de maio, junho e julho e os meses secos ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas no município são a contribuição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS), influencia da contribuição 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 intensidade moderada a forte, Medeiros (2016).

Utilizou-se de séries de dados mensais e anuais de precipitação referente ao período de 1960-2015 fornecido pela Agência pernambucana de água e clima do Estado do Pernambuco (APAC, 2016).

Os dados pluviométricos foram procedidos de análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas. Caso ocorram problemas nos equipamentos ou por impedimento do observador que resultem em dias sem observação ou mesmo intervalo de tempos maiores, os dados

falhos foram preenchidos com os dados de três postos vizinhos, localizados o mais próximo possível, da seguinte forma:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \right)$$

Em que:

P_x é o valor de chuva que se deseja determinar;

N_x é a precipitação diária do posto x ;

N_A , N_B e N_C são, respectivamente, as precipitações diárias observadas dos postos vizinhos A, B e C;

P_A , P_B e P_C são, respectivamente, as precipitações observadas no instante que o posto x falhou.

Os dados da temperatura média do ar referente ao período de 1960-2015 foram estimados pelo Software Estima_T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006). O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática para a temperatura média mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude em conformidade com os autores Cavalcanti et al. (2006), dada pela Equação 1

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

Onde:

a_0, a_1, \dots, a_9 são as constantes;

$\lambda, \lambda^2, \lambda\varrho, \lambda h$ longitude;

$\varrho, \varrho^2, \lambda\varrho$ latitude;

$h, h^2, \lambda h, \varrho h$ altitude.

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

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \quad (2)$$

Onde:

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

$j = 1950, 1951, 1952, 1953, \dots, 2014$.

Os dados foram trabalhados para cenários de precipitação e temperatura do ar mensal média com redução de 10% nos índices pluviiais e aumento de 1°C na temperatura (cenário otimista = B2) e redução de 20% na chuva e aumento de 4°C na temperatura (cenário pessimista = A2), segundo metodologia do IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC AR4). Aplicando-se em seguida o método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1948; 1955), desenvolvido por Medeiros (2014) em planilhas eletrônicas.

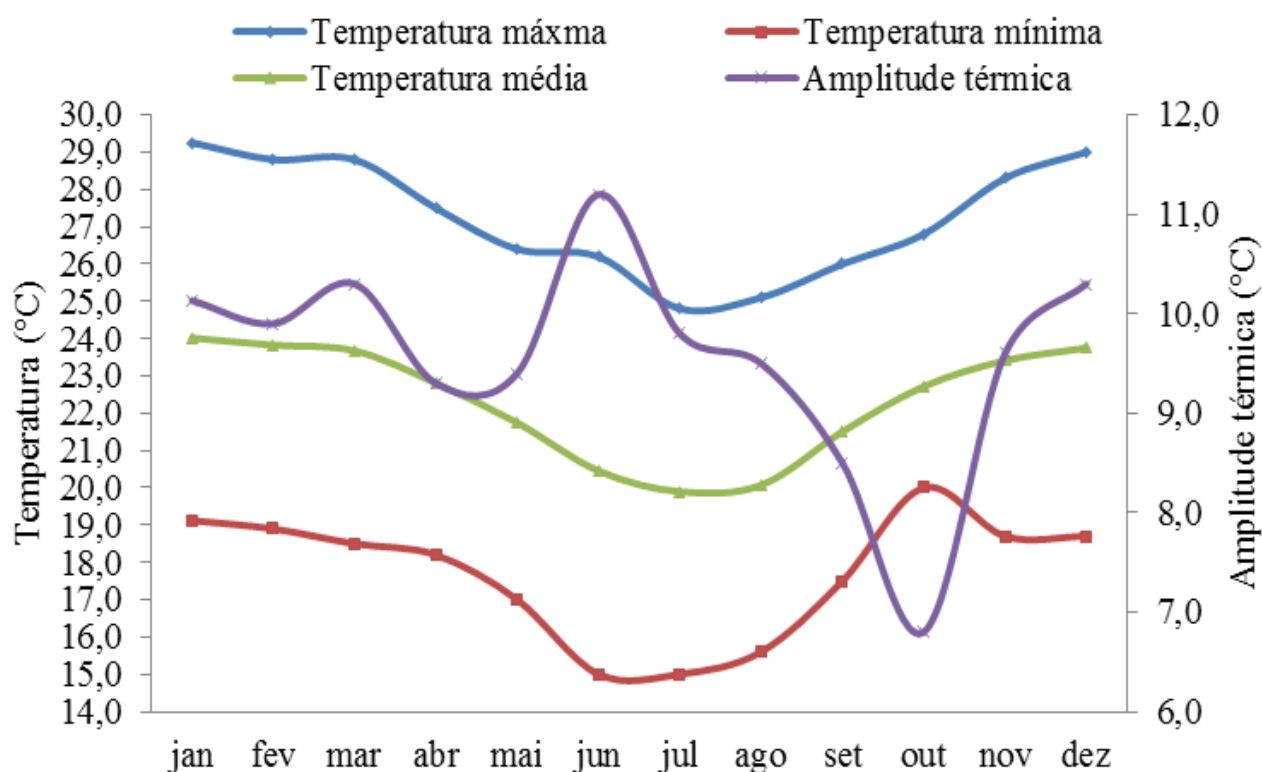
A Capacidade de Água Disponível (CAD) definida como o armazenamento máximo de água no solo adotou-se em todos os cenários o valor de referência de 100 mm, conforme Thornthwaite e Mather (1955).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O clima global vem sendo modificando ao longo dos anos, o que leva a se pensar nas ações do homem, quando altera o ambiente, e através de novas tecnologias que busca atender às pressões dos padrões de consumo, cada vez mais exigentes. Em Tacaimbó, o resultado dessas práticas pode ser observado no comportamento do clima, mais precisamente no da temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação, por se manifestarem mais diretamente no cotidiano da população.

Na figura 2 tem-se a variabilidade da temperatura: máxima, mínima, média e amplitude térmica da área de estudo. A temperatura média anual é de 22,3 °C e suas oscilações mensais ocorrem entre 19,9 °C no mês de julho a 24 °C em janeiro. A temperatura máxima oscila de 24,8 °C no mês de julho a 29,3 °C em janeiro com temperatura máxima anual de 27,2 °C. A temperatura mínima anual de 22,1 °C e suas flutuações mensais de 15 °C nos meses de junho e julho a 20 °C em outubro. A amplitude térmica é a diferença de temperatura entre a máxima e a mínima. Com amplitude anual de 9,6 °C e suas oscilações mensais fluindo entre 6,8 °C no mês de outubro a 11,2 °C em janeiro

Figura 2. Flutuações da temperatura: máxima média, mínima e amplitude térmica do município de Tacaimbó - PE.

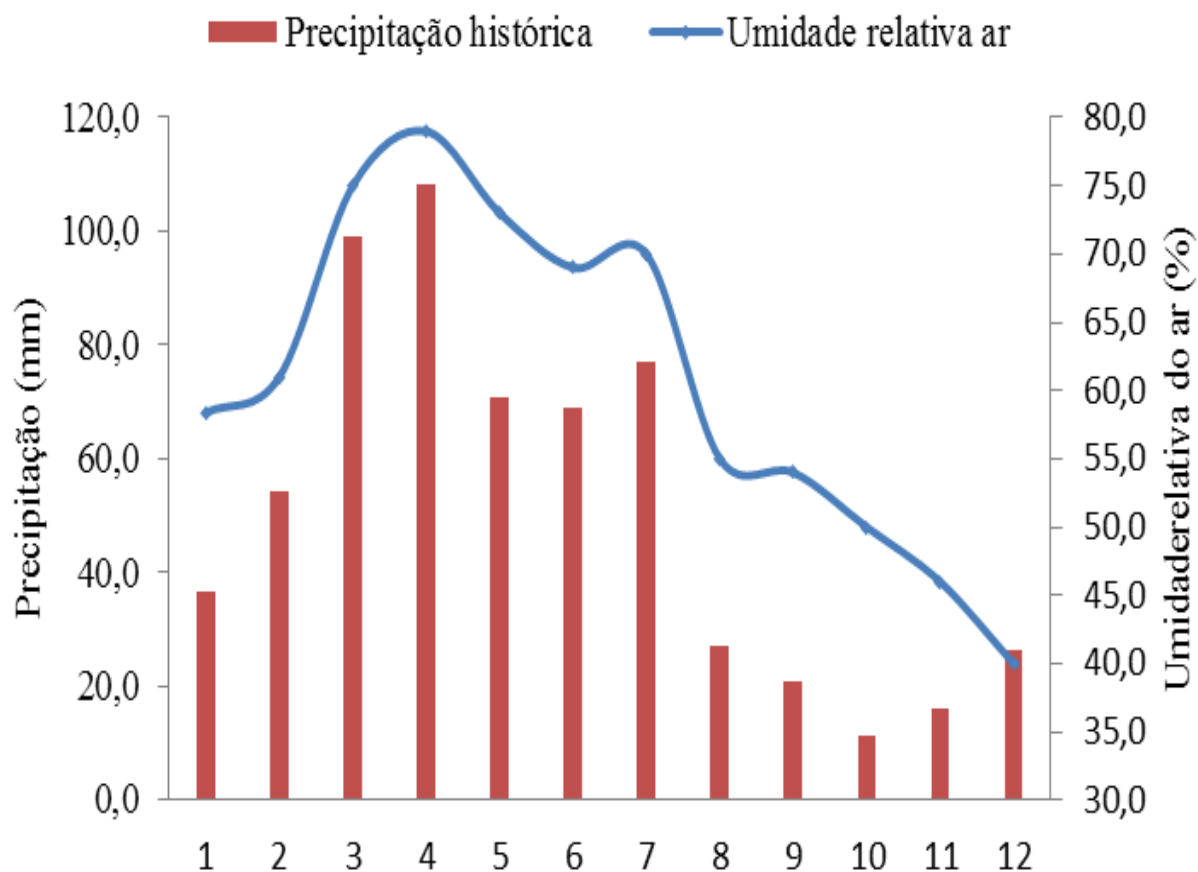


Fonte: Autor.

Estas oscilações de temperatura e amplitude térmica vêm causando a população transtorno de doenças respiratórias e gripe, principalmente nos recém-nascido e terceira idade, o estudo de Menezes et al. (2015) vem a corroborar com os resultados aqui discutidos.

A variabilidade da precipitação histórica e da umidade relativa do ar para o município de Tacaimbó – PE, referente ao período de 1962-2015 está representada na figura 3. A irregularidade mensal nos índices pluviométricos é decorrente dos fatores meteorológicos inibidores e/ou ativadores dos sistemas provocadores de chuva na área em estudo. O município de Tacaimbó registra pluviométricamente 616,4 mm anual⁻¹. Os meses de março a julho nos quais ocorrem as maiores incidências de precipitações que contribuem com 69% do índice anual. Entre agosto a fevereiro os índices pluviais são baixos e sua contribuição é de 31% do valor anual.

Figura 3. Comportamento da precipitação pluvial histórica e da umidade relativa do ar para o município de Tacaimbó – PE, referente ao período de 1962-2015.



Fonte: Autor.

A umidade relativa do ar (UR) oscila entre 30 a 80% nos meses de agosto a janeiro registram-se reduções de UR com oscilações de 39% a 55%. Nos meses de fevereiro a julho observa-se variabilidade da UR com oscilações de 60% a 75%. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al (2012).

Na Tabela 1 observa-se a variabilidade dos comportamentos da temperatura média do ar, precipitação, evapotranspiração, evaporação da deficiência hídrica e dos excedentes hídricos através do cálculo do balanço hídrico climatológico para o município de Tacaimbó – PE, referente ao período de 1962-2015.

Destaca-se que a evaporação supera os índices da evapotranspiração entre os meses de janeiro, fevereiro, março, maio, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro e nos meses de abril e junho estes valores equiparam-se.

A evapotranspiração oscila entre 64,2 mm no mês de julho a 110,6 mm em dezembro, A evapotranspiração anual é 1.075,5 mm quase duas vezes o valor da precipitação anual. A evaporação flui entre 17,6 mm no mês de outubro a 99 mm no mês de março e sua taxa anual é de 616,8 mm, evapora 0,4 mm a mais da taxa da precipitação anual. Quando não é detectado excedente, isto significa que a precipitação é igual ou aproximada à evaporação anual. Na área municipal foram detectados excedentes nos meses de março e abril.

As temperaturas médias municipal oscilam entre 19,9 °C em julho a 24 °C em janeiro, com valor anual médio de 22,3 °C. Resultados equivalentes foram determinados por Silva et al. (2015) os quais corroboram com o estudo.

Com excesso de água do período chuvoso, o período seco, além de relativamente longo, possui normalmente grandes déficits de água, prolongando-se de agosto a março e maio, com exceção os meses de abril, junho e julho que apresentam valor zero. A deficiência hídrica anual é 458,6 mm.

Tabela 1. Balanço hídrico climatológico com a capacidade de campo de 100 mm, para o município de Tacaimbó – PE.

Meses	T(°C)	P(mm)	ETP(mm)	EVR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	24,0	36,5	110,5	37,2	73,3	0,0
Fev	23,8	54,4	99,9	54,6	45,4	0,0
Mar	23,7	99,0	107,0	99,0	8,0	0,0
Abr	22,8	108,2	92,0	92,0	0,0	0,0
Mai	21,7	70,7	82,3	72,6	9,8	0,0
Jun	20,5	68,9	67,0	67,0	0,0	0,0
Jul	19,9	76,9	64,2	64,2	0,0	0,0
Ago	20,1	27,1	66,4	36,6	29,8	0,0
Set	21,5	21,0	78,4	29,7	48,7	0,0
Out	22,7	11,3	95,3	17,6	77,7	0,0
Nov	23,4	16,2	101,8	19,0	82,8	0,0
Dez	23,8	26,3	110,6	27,5	83,2	0,0
Anual	22,3	616,4	1075,5	616,8	458,6	0,0

Legenda: T=Temperatura (°C); P=Precipitação (mm); ETP=Evapotranspiração (mm); EVR=Evaporação (mm); DEF=Deficiência hídrica (mm); EXC=Excedente hídrico (mm).

Os índices de umidade, aridez e hídricos em conformidade com o cálculo do balanço hídrico climatológico é de 42,65%, 0,43% e -0,26% respectivamente.

Na tabela 2 tem o demonstrativo do balanço hídrico climatológico com a capacidade de campo de 100 mm, com aumento de temperatura de 1 °C e redução de chuva em 10%, para o município de Tacaimbó – PE.

Comparando-se o balanço hídrico climatológico da tabela 1 com a tabela 2 registrou-se aumento de temperatura, evapotranspiração e deficiência hídrica e redução de precipitação e evaporação. Os excedentes hídricos são sofreram diferenciação.

Com precipitação anual de 554,8 mm, uma evapotranspiração duas vezes superior aos índices pluviais e a evaporação igual ao total anual pluvial, registra-se deficiência hídrica de 618,6. Para o cenário otimista B2 os setores agrícolas, represamento e armazenamento de água irão realizar planejamento e adequação dos sistemas atuantes na atmosfera. Tal resultados estão em conformidade com Marengo et al. (2011) .

Menezes et al. (2015) analisaram o comportamento das condições hídricas e edáficas no município de Bom Jesus – PI, baseando-se em cenários climáticos futuros. O Balanço Hídrico climatológico (BHC) foi estimado conforme o método de Thornthwaite e Mather (1948; 1955) e foram trabalhados com cenários conforme a metodologia do IV Relatório do IPCC, que prevê cenário pessimista (A2), a redução de 20% da chuva e o aumento de 4°C na temperatura média do ar. Num cenário otimista (B2) o IPCC prevê redução de 10% da precipitação e o aumento de 1°C da temperatura do ar. O valor anual da evapotranspiração potencial foi de 1.573,9 mm para o cenário normal, 1.789,1mm para o cenário B2 e 2843,7mm para o cenário A2, o que corresponde a 62,6%; 55,04% e 34,63% da precipitação anual (984,8 mm) respectivamente. Já os valores da evaporação foram de 928,2mm; 886,2mm e 787,8mm para o cenário B2 e A2 respectivamente. Esses valores poderão causar impactos significativos nas atividades agrícolas de sequeiro e no abastecimento de água, caso haja a confirmação dessas mudanças no clima da região. Não ocorrerão excedentes hídricos para os cenários B2 e A2. O déficit hídrico registrou-se aumento, o que provocará estresse hídrico na maioria das culturas. Eventos extremos de precipitação nos cenários B2 e A2 poderão aumentar a intensidade podendo agravar os processos erosivos do solo na região. Foi constatado que a região enquadra-se na classe de altíssima erosividade, uma vez que o índice de erosividade (R) encontrado foi de 29.504,7 MJ mm ha-1 ano-1.

Tabela 2. Balanço hídrico climatológico com a capacidade de campo de 100 mm, com aumento de temperatura de +1 °C e redução de chuva em 10%, para o município de Tacaimbó – PE.

Meses	T(°C)	P(mm)	ETP(mm)	EVR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	25,0	32,9	121,3	32,9	88,5	0,0
Fev	24,8	48,9	109,7	48,9	60,8	0,0
Mar	24,7	89,1	117,4	89,1	28,3	0,0
Abr	23,8	97,4	100,5	97,4	3,1	0,0
Mai	22,7	63,7	89,4	63,7	25,8	0,0
Jun	21,5	62,0	72,3	62,0	10,3	0,0
Jul	20,9	69,2	69,2	69,2	0,0	0,0
Ago	21,1	24,4	71,6	24,4	47,2	0,0
Set	22,5	18,9	85,1	18,9	66,1	0,0
Out	23,7	10,1	104,1	10,1	93,9	0,0
Nov	24,4	14,6	111,5	14,6	96,9	0,0
Dez	24,8	23,7	121,4	23,7	97,7	0,0
Anual	23,3	554,8	1173,4	554,8	618,6	0,0

Legenda: T=Temperatura (°C); P=Precipitação (mm); ETP=Evapotranspiração (mm); EVR=Evaporação (mm); DEF=Deficiência hídrica (mm); EXC=Excedente hídrico (mm).

Menezes et al. (2015) analisaram o comportamento das condições hídricas e edáficas no município de Bom Jesus – PI, baseando-se em cenários climáticos futuros. O Balanço Hídrico climatológico (BHC) foi estimado conforme o método de Thornthwaite e Mather (1948; 1955) e foram trabalhados com cenários conforme a metodologia do IV Relatório do IPCC, que prevê cenário pessimista (A2), a redução de 20% da chuva e o aumento de 4°C na temperatura média do ar. Num cenário otimista (B2) o IPCC prevê redução de 10% da precipitação e o aumento de 1°C da temperatura do ar. O valor anual da evapotranspiração potencial foi de 1.573,9 mm para o cenário normal, 1.789,1mm para o cenário B2 e 2843,7mm para o cenário A2, o que corresponde a 62,6%; 55,04% e 34,63% da precipitação anual (984,8 mm) respectivamente. Já os valores da evaporação foram de 928,2mm; 886,2mm e 787,8mm para o cenário B2 e A2 respectivamente. Esses valores poderão causar impactos significativos nas atividades agrícolas de sequeiro e no abastecimento de água, caso haja a confirmação dessas mudanças no clima da região. Não ocorrerão excedentes hídricos para os cenários B2 e A2. O déficit hídrico registrou-se aumento, o que provocará estresse hídrico na maioria das culturas. Eventos extremos de precipitação nos cenários B2 e A2 poderão aumentar a intensidade podendo agravar os processos erosivos do solo na região. Foi constatado que a região enquadra-se na classe de altíssima erosividade, uma vez que o índice de erosividade (R) encontrado foi de 29.504,7 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹.

Com o aumento de 1°C e redução de chuva em 10% as deficiências hídricas se ampliam e causam desates nos níveis de represas, açudes, agronegócios, agropecuários entre tantas outras áreas.

Na tabela 3 tem o demonstrativo do balanço hídrico climatológico com a capacidade de campo de 100 mm, com aumento de temperatura de 4 °C e redução de chuva em 20%, para o município de Tacaimbó – PE.

Comparando-se o balanço hídrico climatológico da tabela 2 com a tabela 3 ocorreu aumento de temperatura, evapotranspiração, evaporação e deficiência hídrica e redução de precipitação os excedentes hídricos continuaram no mesmo patamar sem ocorrência de registro.

Com o aumento de 4 °C e redução de chuva em 20% as deficiências hídricas se ampliam e causam maiores desgastes nos níveis de represas, açudes, agronegócios e na agropecuária. A população deverá recorrer ao armazenamento de água de chuva cotidianamente, no setor agrícola deverá plantar com sementes super precoce resistente a baixos índices pluviais.

A Figura 4 tem-se o comportamento da flutuação pluviométrica média, com redução de 10% e 20%, e da temperatura média acrescida de 1 °C e 4 °C para o município de Tacaimbó – PE

Tabela 3. Balanço hídrico climatológico com a capacidade de campo de 100 mm, com aumento de temperatura de +4 °C e com redução de chuva em 20%, para o município de Tacaimbó – PE.

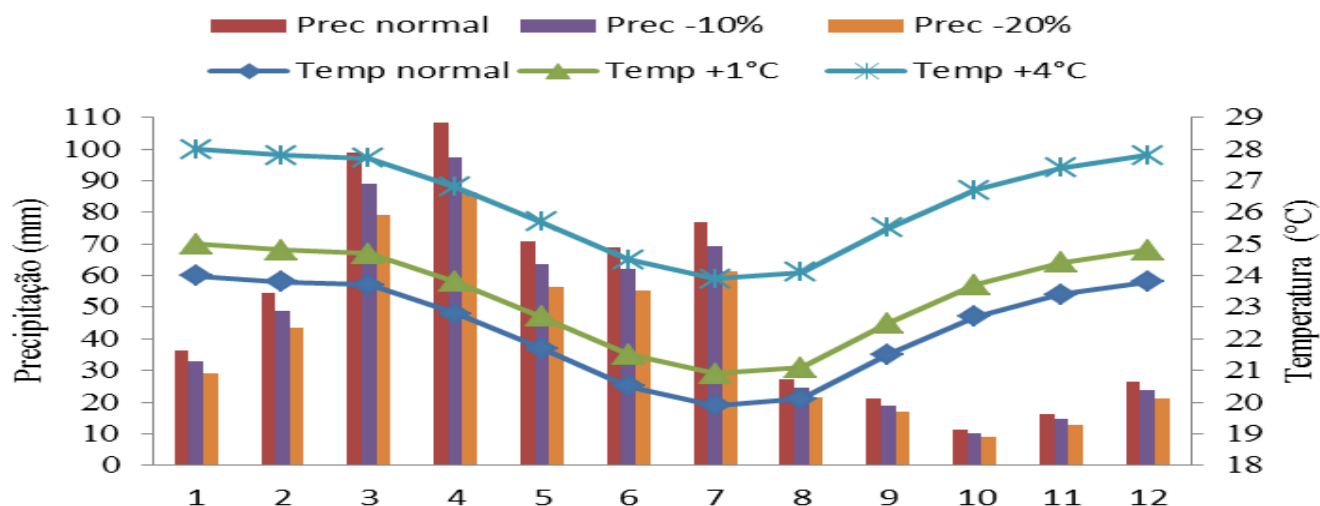
Meses	T(°C)	P(mm)	ETP(mm)	EVR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	28,0	29,2	172,2	29,2	143,0	0,0
Fev	27,8	43,5	155,1	43,5	111,6	0,0
Mar	27,7	79,2	165,5	79,2	86,3	0,0
Abr	26,8	86,5	139,4	86,5	52,8	0,0
Mai	25,7	56,6	121,6	56,6	65,0	0,0
Jun	24,5	55,1	95,9	55,1	40,8	0,0
Jul	23,9	61,5	90,8	61,5	29,3	0,0
Ago	24,1	21,6	94,3	21,6	72,6	0,0
Set	25,5	16,8	115,1	16,8	98,3	0,0
Out	26,7	9,0	144,1	9,0	135,1	0,0
Nov	27,4	13,0	156,4	13,0	143,4	0,0
Dez	27,8	21,0	171,4	21,0	150,3	0,0
anual	26,3	493,1	1621,8	493,1	1128,7	0,0

Com o aumento de 4 °C e redução de chuva em 20% as deficiências hídricas se ampliam e causam maiores desgastes nos níveis de represas, açudes, agronegócios e na agropecuária. A população deverá recorrer ao armazenamento de água de chuva cotidianamente, no setor agrícola deverá plantar com sementes super precoce resistente a baixos índices pluviiais.

A Figura 4 tem-se o comportamento da flutuação pluviométrica média, com redução de 10% e 20%, e da temperatura média acrescida de 1 °C e 4 °C para o município de Tacaimbó – PE.

A precipitação com reduções de -10% e -20% influenciará nas culturas de sequeiros, na agricultura familiar e no armazenamento de água para sobrevivência animal e vegetal da região. Caso venha ocorrer aumento de quatro graus na temperatura irá mudar o comportamento, agrícola, animal e humano

Figura 4. Comportamento da precipitação com média, redução de 10% e 20%, e da temperatura com média e acréscimo de 1 °C e 4 °C.



Observam-se as variabilidades que irão ocorrer para os índices pluviométricos quando comparamos a precipitação normal ou histórica, aos índices pluviométricos com redução de 10% e 20%, os meses de março a julho sofreram buscas reduções afetando desta forma a qualidade do período chuvoso, o período seco agosto a novembro serão seguidos de chuvas torrenciais e em curtos intervalos de tempo, aumentando os índices evaporativos e reduzindo os níveis de águas das barragens e lençóis d'água. Tal resultados estão em conformidade com Marengo et al. (2011) e Medeiros (2015).

As temperaturas serão mais castigantes e afetará a qualidade de vida, humana, animal e vegetal.

Conclusão

Os resultados obtidos tanto no cenário otimista (B2) quanto no pessimista (A2), indicam situações críticas das condições do solo que ocasionarão grandes impactos tanto para os recursos hídricos, quanto no tocante a prática de culturas de sequeiro.

Os índices pluviométricos serão insuficientes para vários tipos de culturas, sendo assim inviável para este município o desenvolvimento de práticas agrícolas de sequeiro, caso estes cenários advenham, principalmente analisando pela vertente do cenário pessimista. Que diante deste cenário pessimista, fica crítica a condição para o armazenamento de água pluvial para o consumo humano e animal, sendo necessário planejamento futuro para construções de cisternas e outros similares para a realização de armazenamento de água e minimização dos impactos.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G., 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

APAC. Agencia Pernambucana de Água e Clima. 2016.

BARROS, A.H.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, A.B.; SANTIAGO, G.A.C.F., 2012. Climatologia do Estado de Alagoas. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. n. 211. Recife: Embrapa Solos, 32p.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V., 1994. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, *Anais...* Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S., 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10 (1), p. 140-147.

CARVALHO, S. M., STIPP, N. A. F., 2004. Contribuição ao estudo

do do balanço hídrico no estado do Paraná: Uma proposta de classificação qualitativa. *Geografia*, v.13, n.1.p.130-142.

COSTA, M.N.M.; MEDEIROS, R.M.; GOMES FILHO, M.F., 2015. Variabilidade da evaporação no tanque classe "A" entre o período de 1976 a 2011 e suas comparações com as três décadas e meia e com o ano de 2011 no município de Teresina, Piauí. **7º Workshop de Mudanças Climáticas do Estado de Pernambuco e 4º Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade**. Recife-PE, 27 a 29 de outubro de 2015. CD RON. p. 107-123.

FOLHES, M. T.; FISCH, G., 2006. Caracterização e estudo de tendência nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). *Revista Ambiente e Água*, v.1, n.1, p.61-71.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R., 1928. "Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes". **Wall-map** 150cmx200cm.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; CHOU, S.C; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES L.M.; OBREGON, G.O.; SOARES, W.R.; BETTS, R.; GILLIN, K., 2011. **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil Análise conjunta Brasil-Reino Unidos sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia**. 56p.

MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. 2014. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.8, n.6, p.422-431.

MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; VIANA, M. A.; SILVA, V.P., 2018. Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco - Brazil. *Revista de Geografia* (Recife), v.35, p.219 – 234.

MEDEIROS, R.M., 2016. **Planilhas do Balanço Hídrico Normal segundo Thornthwaite & Mather (1955)**. s.n. Divulgação avulsa.

MEDEIROS, R.M., 2015. Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*. V. 08 N. 04. P.1068-1084.

MEDEIROS, R.M.; SOUSA, F.A.S.; GOMES FILHO, M.F., 2014. Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto. *Revista Educação Agrícola Superior Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS* - v.28, n.1, p.44-50, ISSN - 0101-756X - DOI: <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01a07>.

MEDEIROS, R.M.; BORGES, C.K.; LIMA, A.T.; MELO, A.S., 2012. Avaliação das condições hídricas por meio do panorama de mudanças climáticas em Cabaceiras - PB. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.6, nº. 3, p. 227 - 239.

MENEZES, H.E.A.; MEDEIROS, R.M.; SOUSA, L.F.; MENEZES, H.E.A., 2015. **Análise do balanço hídrico e erosividade em cenários climáticos futuros no município de Bom Jesus – Piauí**. 7º Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado do Pernambuco. Recife - PE: 7º Workshop de Mudanças Climáticas do Estado de Pernambuco e 4º Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodi-

versidade. Recife-PE, 27 a 29 de outubro de 2015. CD RON. p. 107-123.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCIL, L.R.; CENTELHAS, P.C., 2002. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária. V.1 p35.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C., 1997. **Eva-po(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 183p.

SANTOS, D.C.; BRITO, J.I.B.; MEDEIROS, R.M., 2013. Balanço hídrico climatológico como subsídio a sustentabilidade ambiental no Distrito Federal. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 5, No. 4, p.164-172.

SILVA, M.C.L.; BRITO, J.I.B.; COSTA, A.M.N., 2006. Proposta de monitoramento da precipitação pluvial no estado da Paraíba utilizando a técnica dos Quantis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII, Fortaleza-CE. **Anais...SBMET**.

SILVA, A. L.; ROVERATTI, R.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; TIMM, L. C.; BRUNO, I. P.; OLIVEIRA, J. C. M.; NETO, D. D. 2006. Variability of water balance components in a coffee crop in Brazil. **Scientia Agricola**, v.63 n.2.

SILVA, J.F.; FERREIRA, H.S.; SANTOS, M.O., 2015. Considerações sobre os estudos em clima urbano. **Revista Geama**, v. 2, n. 1, p. 156-170.

SOUZA, D.M.; NERY, J.T., 2012. O conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia**, Londrina, v. 21, n. 02, p. 65-83.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. In **climatology, caterton**. New Jersey. 10(3). p. 185-311.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R., 1955. The water balance climatology. **Caterton**. New Jersey, 8(1). 1-104 pp.

THORNTHWAITE, C.W., 1948. Na approach Toward a otional classification of climate. **The geogr**. Ver. 38(1).

VAREJÃO – SILVA, M.A., 2005. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, Gráfica Editora Stilo, p.532.

VESTENA, L. R.; LANGE, G. L. 2008. Balanço hídrico da bacia do Rio Ernesto, Pitanga /PR – Brasil. **Revista Terr@Plural**, v.2, n.2, p.323-335.

CURRÍCULO

* Pós-Doc e ex-Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco (setembro/2016-abril/2018); Doutor em Meteorologia (2016) Universidade Federal de Campina Grande; mestre em Meteorologia (1990) Universidade Federal da Paraíba; Graduado em Meteorologia (1985) Universidade Federal da Paraíba; Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (2005) Universidade Federal do Piauí; Curso de especialização em Ciências Ambientais (2003), Universidade Federal do Piauí.