Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no estado da Paraíba

Raimundo Mainar de Medeiros¹, Paulo Roberto Megna Francisco², Djail Santos³

¹Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande-PB, mainarmedeiros@gmail.com;

²Pesquisador DCR CNPq/Fapesq, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia-PB, paulomegna@ig.com.br;

³Doutor em Ciência do Solo, Prof. Adjunto CCA, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br

Artigo recebido em 22/07/2015 e aceite em 28/12/2015.

RESUMO

Na metodologia foram utilizados dados de precipitação climatológica média mensal e anual disponibilizados pela AESA do período de 1912 a 2014. Os dados de temperatura foram estimados pelo Software Estima_T e com os dados obtidos foram elaborados cenários cenário otimista e cenário pessimista e aplicou-se o método do balanço hídrico com o valor de referência de 100mm para as seis regiões homogêneas do Estado da Paraíba e elaborou a erosividade. Os resultados demonstraram que as ETP apresentaram aumentos em todas as regiões e nos três cenários; as EVR mantiveram-se em reduções nos dois cenários B2 e A2; as deficiências e os excedentes hídricos sofreram oscilações de altos e baixos para todos os cenários; foi verificados reduções da erosividade em todas as regiões de estudo; o fator R foi de 43.776,3 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, no Litoral; 25.135,1 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, no Agreste; 30.675,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, no Brejo; 17.361,8 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, Cariri/Curimataú; 24.140,5 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, Sertão e Alto Sertão 27.326,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹.

Palavras-chave: Fatores climáticos, Capacidade de campo, Disponibilidade Hídrica, Oscilações térmicas.

Water balance and erosivity on climate change function in the state of Paraíba

ABSTRACT

In the methodology we used data of monthly and yearly average climatological precipitation provided by the AESA of the period 1912 to 2014. The temperature data were estimated by Estima_T software and data were elaborated scenarios optimistic and pessimistic scenario and applied the method water balance with the 100mm reference value for the six homogeneous regions of the State of Paraíba and elaborated the erosivity. The results showed that the ETP have developed increases in all regions and in all three scenarios; the EVR remained in reductions in both scenarios A2 and B2; deficiencies and water surplus have suffered ups and downs fluctuations for all scenarios; erosivity reductions was observed in all study regions; the R factor was 43.776,3 MJ mm.ha⁻¹.yr⁻¹, in Litoral; 25.135,1 MJ mm.ha⁻¹.yr⁻¹, in Agreste; 30.675,9 MJ mm.ha⁻¹.yr⁻¹, in Brejo; 17.361,8 MJ mm.ha⁻¹.yr⁻¹, Cariri/Curimataú; 24.140,5 MJ mm.ha⁻¹.yr⁻¹, Sertão and Alto Sertão 27.326,9 MJ mm.ha⁻¹.yr⁻¹.

Keywords: Climatic factors, Field capacity, Availability Hydro, Thermal fluctuations.

Introdução

A problemática das mudanças climáticas é um dos maiores desafios socioeconômicos e científicos que a humanidade terá que enfrentar ao longo deste século. De acordo com Jenkin et al. (2005) todo o planeta sofrerá com esses impactos, mas populações mais pobres dos países mais vulneráveis certamente serão susceptíveis aos seus impactos negativos. Santos et al. (1998) demonstraram que o déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas poderão

ser afetados pelas previsões de mudanças climáticas.

Os principais indícios do aquecimento global surgem das medidas de temperatura de estações meteorológicas desde 1860, em todo o globo. Os dados com a correção dos efeitos de ilhas de calor mostram que o aumento médio da temperatura foi de aproximadamente 0,6°C durante o século XX, os maiores aumentos foram em dois períodos: 1910 a 1945 e 1976 a 2000 (IPCC, 2001a). Ainda de acordo com os relatórios do IPCC (2001a e 2001b), há uma projeção de um aumento médio

de temperatura do planeta entre 1,4 e 5,8°C entre 1990 a 2100. Em relação à precipitação, as previsões indicam que deve ocorrer redução na região tropical e subtropical e um aumento na média das regiões de latitudes elevadas. No NEB, em especial na região semiárida, que frequentemente enfrenta os problemas da seca e estiagens prolongadas, dentro do período chuvoso estas condições se tornam mais graves (Nobre et al., 2001).

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.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as condições hídricas por meio do panorama climático futuro de precipitação e temperatura do ar e o impacto da erosão do solo em seis regiões climáticas do Estado da Paraíba.

Material e métodos

O Estado da Paraíba localizado na região Nordeste do Brasil apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (Francisco, 2010).

O relevo do Estado da Paraíba apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo diferentes trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas. No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (PARAÍBA, 2006).

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores

semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1600mm (Varejão-Silva et al., 1984).

Os principais sistemas responsáveis são a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (Hastenrath e Heller, 1977), as Frentes Frias (Aragão, 1976; Kousky, 1979), os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste (Yamazaki e Rao, 1977) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (Aragão, 1976; Kousky e Gan, 1981). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que é o principal sistema meteorológico provedor de chuvas no setor norte do NEB, onde o Estado da Paraíba está inserido. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro para posições mais ao sul e aproximadamente 4°S em março-abril (Uvo, 1989).

Para uma melhor compreensão dos resultados deste trabalho foi separado em seis regiões homogêneas do Estado da Paraíba que são a região do Litoral, Agreste, Brejo, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão conforme a Figura 1.

Na metodologia foram utilizados dados de precipitação climatológica média mensal e anual adquiridos do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) para o período de 1912 a 2014. Os dados de temperatura foram estimados pelo Software Estima_T para o período compreendido entre os anos de 1950 e 2014 (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006).

Com os dados obtidos foram elaborados cenários de precipitação e temperatura média mensal do ar com redução da precipitação de 10% e aumento da temperatura do ar de 1°C (cenário otimista = B2); e 20% e 4°C (cenário pessimista = A2), conforme a metodologia do IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR4). Aplicou-se em seguida o método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1948; 1955), usando-se planilha eletrônica para o cálculo do Balanço Hídrico Normal elaborado por Medeiros (2013). Para 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 100mm de acordo com Thornthwaite e Mather (1955).

Figura 1. Regiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de Silva et al. (2004).

Os dados de precipitação e temperatura média do ar mensal e anual foram utilizados para as seis regiões homogêneas do Estado da Paraíba onde se elaborou os seus respectivos gráficos assim como o cálculo do BHC e do índice de erosividade das chuvas utilizada a Equação 1 proposta por Wischmeier (1971) e Wischmeier e Smith (1958; 1978) definida como:

$$EI_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{P} \right) e^{0,85} \quad (1)$$

Em que: EI_{30} é a média mensal do índice de erosividade das chuvas ($MJ \text{ mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$); r é a precipitação média mensal (mm); P a precipitação média anual (mm).

O fator R , erosividade das chuvas, permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações em determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, possibilitando práticas de manejo e ocupação adequada de acordo com Barbosa et al. (2000) e Menezes et al. (2011). O cálculo deste fator é o somatório dos valores mensais da erosividade conforme a Equação 2:

$$R = \sum_{1}^{12} EI_{30} \quad (2)$$

Resultados e discussão

As distribuições médias anuais das precipitações das seis regiões climáticas homogêneas do Estado da Paraíba estão

representadas na Figura 2. Observa-se nas escalas dos gráficos não foi possível manter um padrão por ser tratar de regiões homogêneas de chuva diferenciadas.

As seis regiões climáticas homogêneas que envolvem o Estado da Paraíba são: região do Litoral composta de 17 municípios (a); a região do Agreste formada por 36 municípios (b); a região do Brejo composta de 29 municípios (c); a região do Cariri/Curimataú com 51 municípios (d); nas regiões do Sertão (e) e Alto Sertão (f) composta respectivamente por 43 e 38 municípios.

Na Figura 2a observa-se a variabilidade espaço temporal e intermunicipal da distribuição anual da pluviometria na região do Litoral, onde 6 municípios obtiveram chuvas acima da média histórica, 2 municípios com chuva próxima a normalidade e 9 municípios com chuvas abaixo da média. Destacam-se os municípios de Cruz do Espírito Santo e Pitimbu que tem os seus picos de mínimos e máximos.

Na Figura 2b observa-se a variabilidade da distribuição anual da precipitação intermunicipal para a região do Agreste onde 14 municípios apresentaram cotas pluviométricas acima da normalidade, 7 municípios com cotas pluviométricas próximas à normal climatológica e 14 municípios com pluviometria abaixo da normal histórica.

Figura 2. (a) Variabilidade da distribuição anual da precipitação na região do Litoral. (b) Variabilidade da distribuição anual da precipitação da região do Agreste.

Na Figura 3a têm-se a variabilidade espaço temporal das ocorrências das chuvas anuais para a região do Brejo, com 4 municípios de precipitações próximos a climatologia, 8 municípios com chuva acima da normal histórica e 12 municípios com chuva abaixo da climatologia, com destaque os municípios de Areia, Pedro Régis, Caiçara e Logradouro com seus picos de máximos e mínimos.

Na Figura 3b, representativa da região do Cariri/Curimataú, têm-se 25 municípios com chuvas abaixo da climatologia, 15 municípios com chuvas entre a normalidade e 11 municípios com chuvas acima da normal climatológica.

Figura 3. (a) Variabilidade da distribuição anual da precipitação na região do Brejo. (b) Variabilidade da distribuição anual da precipitação da região do Cariri/Curimataú.

Nas Figuras 4a e 4b observam-se a distribuição intermunicipal das regiões do Sertão e Alto Sertão dos índices pluviométricos anuais.

Na região do Sertão observa-se claramente a predominância de anos com chuvas abaixo da normal climatológica, 8 municípios com chuvas entre a normalidade e chuvas de moderadas significância acima da média histórica em alguns municípios.

A oscilação anual da precipitação na região do Alto Sertão demonstra a grande irregularidade nos seus índices. Tal irregularidade esta condicionada as fatores provocadores e/ou inibidores das chuvas para a área de estudo.

Nas Tabelas 1, 2 e 3, observam-se os dados da Precipitação (PPT mm) e temperatura média (Temp.°C), cenário B2 e A2 para as 6 regiões. Observa-se que a tendência de redução seria superior a diminuição da precipitação dos cenários futuros B2 e A2, conforme Tabela 1, 2 e 3 e Figura 5 (a, b, c, d e, f).

Figura 4. (a) Variabilidade da distribuição anual da precipitação na região do Sertão. (b) Variabilidade da distribuição anual da precipitação da região do Alto Sertão.

Tabela 1. Precipitação (PPT mm) e temperatura média (Temp. °C), cenário B2 e A2 para as regiões do Litoral e Agreste

Região Litoral							Região Agreste						
Meses	Média		B2		A2		Meses	Média		B2		A2	
	PPT	Temp	PPT	Temp	PPT	Temp		PPT	Temp	PPT	Temp	PPT	Temp
	Normal		-10%	+1°C	-20%	+4°C		Normal		-10%	+1°C	-20%	+4°C
Jan	83,4	27,2	75,1	28,2	60,1	31,2	Jan	48,8	25,7	43,9	26,7	35,1	29,7
Fev	105,7	27,2	95,1	28,2	76,1	31,2	Fev	63,9	25,6	57,5	26,6	46,0	29,6
Mar	160,7	26,8	144,6	27,8	115,7	30,8	Mar	104,5	25,3	94,1	26,3	75,3	29,3
Abr	212,7	26,2	191,5	27,2	153,2	30,2	Abr	123,1	24,6	110,7	25,6	88,6	28,6
Mai	238,8	25,4	214,9	26,4	172,0	29,4	Mai	112,0	23,7	100,8	24,7	80,7	27,7
Jun	295,3	24,5	265,8	25,5	212,6	28,5	Jun	126,0	22,7	113,4	23,7	90,7	26,7
Jul	223,0	23,9	200,7	24,9	160,5	27,9	Jul	117,9	22,1	106,1	23,1	84,9	26,1
Ago	133,7	23,8	120,3	24,8	96,2	27,8	Ago	63,7	22,2	57,3	23,2	45,8	26,2
Set	67,7	24,6	60,9	25,6	48,7	28,6	Set	33,9	23,2	30,5	24,2	24,4	27,2
Out	26,5	25,7	23,8	26,7	19,1	29,7	Out	13,2	24,4	11,9	25,4	9,5	28,4
Nov	27,2	26,5	24,4	27,5	19,6	30,5	Nov	14,5	25,1	13,1	26,1	10,5	29,1
Dez	38,6	27,1	34,7	28,1	27,8	31,1	Dez	23,0	25,6	20,7	26,6	16,5	29,6

As variabilidades dos índices de precipitações médias e com reduções de 10 e 20% seguidamente da variabilidade da temperatura média e de suas respectivas variações para aumentos de 1 e 4°C. No cenário A2 observou-se aumento da temperatura, o que poderia proporcionar maiores deficiências hídricas.

Na Figura 5 observa-se o comportamento da precipitação com média, redução de 10 e 20%, e da temperatura com média, acréscimo de 1 e 4°C para as regiões do Litoral (a), Agreste (b), Brejo (c), Cariri/Curimataú (d), Sertão (e), Alto Sertão (f).

As variabilidades das oscilações das precipitações para os dois cenários (B2 e A2) nas regiões do Litoral, Agreste e Brejo (Figuras 5a, 5b, 5c) não sofrerão muitas variabilidades principalmente no período chuvoso onde os fatores meteorológicos de grandes escalas poderão provocar chuvas de intensidades moderadas a fortes e em curtos intervalos de tempo. No período seco não se descarta a possibilidade de eventos extremos.

As variabilidades das oscilações das precipitações para os dois cenários (B2 e A2) nas regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão (Figuras 5d, 5e, 5f) são as que sofrerão os maiores impactos climáticos, visto que em épocas de período chuvosos normalizados se tem grandes irregularidades espaço temporal, e com as simulações dos cenários elas terão seus impactos acentuados, ou seja, as chuvas serão reduzidas afetando o armazenamento de água, e aumentando os índices de erosividade.

Na Tabela 4 observa-se o demonstrativo da precipitação média mensal e anual, e Índice de erosividade (EI_{30}) e Fator R para as regiões em estudo. Nas seis regiões homogêneas de precipitação o quadrimestre chuvoso centra-se nos meses de abril a julho, para as regiões do Litoral, Agreste e Brejo, já na região do Cariri/Curimataú e Sertão o quadrimestre chuvoso centra-se nos meses de fevereiro a maio, e na região do Alto Sertão o seu quadrimestre chuvoso é centrado nos meses de janeiro a abril.

Tabela 2. Precipitação (PPT mm) e temperatura média (Temp.°C), cenário B2 e A2 para as regiões do Brejo e Cariri/Curimataú

Região Brejo							Região Cariri/Curimataú						
Meses	Média		B2		A2		Meses	Média		B2		A2	
	PPT Normal	Temp	PPT -10%	Temp +1°C	PPT -20%	Temp +4°C		PPT Normal	Temp	PPT -10%	Temp +1°C	PPT -20%	Temp +4°C
Jan	71,1	26,4	64,0	27,4	51,2	30,4	Jan	43,8	24,6	39,4	25,6	31,5	28,6
Fev	84,1	26,3	75,7	27,3	60,5	30,3	Fev	67,9	24,3	61,2	25,3	48,9	28,3
Mar	126,8	26,0	114,1	27,0	91,3	30,0	Mar	112,9	24,1	101,6	25,1	81,3	28,1
Abr	148,5	25,3	133,7	26,3	106,9	29,3	Abr	106,2	23,4	95,6	24,4	76,5	27,4
Mai	142,6	24,6	128,3	25,6	102,7	28,6	Mai	61,1	22,5	55,0	23,5	44,0	26,5
Jun	161,3	23,6	145,2	24,6	116,2	27,6	Jun	47,5	21,4	42,8	22,4	34,2	25,4
Jul	142,7	23,1	128,4	24,1	102,7	27,1	Jul	37,8	20,9	34,0	21,9	27,2	24,9
Ago	86,5	23,0	77,9	24,0	62,3	27,0	Ago	16,5	21,0	14,9	22,0	11,9	25,0
Set	42,3	24,0	38,1	25,0	30,5	28,0	Set	7,6	22,3	6,9	23,3	5,5	26,3
Out	15,8	25,1	14,2	26,1	11,4	29,1	Out	6,4	23,4	5,8	24,4	4,6	27,4
Nov	18,9	25,9	17,0	26,9	13,6	29,9	Nov	6,9	24,1	6,2	25,1	5,0	28,1
Dez	29,3	26,4	26,3	27,4	21,1	30,4	Dez	17,9	24,4	16,1	25,4	12,9	28,4

Tabela 3. Precipitação (PPT mm) e temperatura média (Temp.°C), cenário B2 e A2 para as regiões do Sertão e Alto Sertão

Região Sertão							Região Alto Sertão						
Meses	Média		B2		A2		Meses	Média		B2		A2	
	PPT Normal	Temp	PPT -10%	Temp +1°C	PPT -20%	Temp +4°C		PPT Normal	Temp	PPT -10%	Temp +1°C	PPT -20%	Temp +4°C
Jan	82,3	74,1	74,1	26,7	59,3	29,7	Jan	110,5	25,4	99,4	26,4	79,5	29,4
Fev	124,9	112,4	112,4	26,4	89,9	29,4	Fev	155,7	25,1	140,1	26,1	112,1	29,1
Mar	189,5	170,5	170,5	26,1	136,4	29,1	Mar	221,3	24,9	199,2	25,9	159,3	28,9
Abr	170,4	153,4	153,4	25,6	122,7	28,6	Abr	176,7	24,4	159,1	25,4	127,3	28,4
Mai	83,5	75,2	75,2	24,9	60,2	27,9	Mai	78,6	23,6	70,7	24,6	56,6	27,6
Jun	34,7	31,2	31,2	24,0	25,0	27,0	Jun	33,2	22,7	29,9	23,7	23,9	26,7
Jul	18,3	16,5	16,5	23,7	13,2	26,7	Jul	17,2	22,4	15,5	23,4	12,4	26,4
Ago	6,0	5,4	5,4	24,0	4,3	27,0	Ago	5,9	22,8	5,3	23,8	4,2	26,8
Set	2,6	2,4	2,4	25,1	1,9	28,1	Set	5,3	24,0	4,8	25,0	3,8	28,0
Out	6,4	5,7	5,7	26,0	4,6	29,0	Out	12,0	24,9	10,8	25,9	8,6	28,9
Nov	9,6	8,6	8,6	26,5	6,9	29,5	Nov	19,1	25,3	17,2	26,3	13,8	29,3
Dez	29,0	26,1	26,1	26,7	20,9	29,7	Dez	46,0	25,4	41,4	26,4	33,1	29,4

Figura 5. Comportamento da precipitação com média, redução de 10 e 20%, e da temperatura com média, acréscimo de 1 e 4°C para as regiões do Litoral (a), Agreste (b), Brejo (c), Cariri/Curimataú (d), Sertão (e) e Alto Sertão (f).

Figura 5. Comportamento da precipitação com média, redução de 10 e 20%, e da temperatura com média, acréscimo de 1 e 4°C para as regiões do Litoral (a), Agreste (b), Brejo (c), Cariri/Curimataú (d), Sertão (e) e Alto Sertão (f).

Tabela 4. Precipitação média mensal, anual, índice de erosividade (EI_{30}) e Fator R

Região Litoral				Região Agreste				Região Brejo			
Meses	Médias mensais	EI_{30}	R	Meses	Médias mensais	EI_{30}	R	Meses	Médias mensais	EI_{30}	R
Jan	83,4	233,3	43776,3	Jan	48,8	162,5	25135,1	Jan	71,1	252,2	30675,9
Fev	105,7	348,9		Fev	63,9	257,3		Fev	84,1	335,1	
Mar	160,7	711,2		Mar	104,5	593,7		Mar	126,8	674,2	
Abr	212,7	1145,8		Abr	123,1	783,3		Abr	148,5	881,8	
Mai	238,8	1395,0		Mai	112,0	667,9		Mai	142,6	822,8	
Jun	295,3	2001,4		Jun	126,0	815,3		Jun	161,3	1015,3	
Jul	223,0	1241,3		Jul	117,9	728,4		Jul	142,7	823,8	
Ago	133,7	520,2		Ago	63,7	255,6		Ago	86,5	352,0	
Set	67,7	163,5		Set	33,9	87,3		Set	42,3	104,3	
Out	26,5	33,2		Out	13,2	17,7		Out	15,8	19,6	
Nov	27,2	34,6		Nov	14,5	20,7		Nov	18,9	26,6	
Dez	38,6	62,9		Dez	23,0	45,1		Dez	29,3	55,8	
Anua	1613,2	35885,0		Anua	844,5	20700,3		Anua	1070,0	25312,4	

O mês de junho para as regiões do Litoral, Agreste e Brejo, e o mês de março para regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão destaca-se como os de maiores incidências de precipitações, como se observa na Tabela 2. O mês de outubro para as regiões do Litoral, Agreste, Brejo e Cariri/Curimataú. Para as regiões do Sertão e Alto Sertão têm-se o mês de setembro como os de

menores índices pluviométricos, e destaca-se dos demais devido à fatores meteorológicos atuantes nas suas respectivas regiões e que em alguns anos para os referidos meses, são ocasionadas chuvas anômalas e de altas intensidades induzidas pela presença do fenômeno de larga escala La Niña de acordo com Medeiros (2013).

Os valores calculados de erosividade e do fator R encontram-se na Tabela 2, a qual evidencia a variação das médias mensais históricas da precipitação e das avaliações do índice de EI_{30} e do fator R. Os meses de máximas erosividades ocorrem entre março a agosto com oscilações de 520,2 a 2001,4 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, e os meses de setembro a fevereiro com oscilações de 33,2 a 34,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, os de menores erosividade para a Região Litorânea. Na região do Agreste as máximas erosividades ocorrem nos meses de março a julho com variabilidade entre 593,7 a 815,3 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, e os meses de agosto a fevereiro os de menores erosividade oscilando entre 17,7 a 257,3 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹. Na região do Brejo têm-se os meses de março a julho com flutuações erosivas de 674,2 a 1015,3 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹ como de maiores erosividade, e os meses

de agosto a fevereiro fluindo entre 19,6 a 35 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹ os de menores erosividade.

Na região do Cariri/Curimataú (Tabela 5) os maiores índices erosivos ocorrem nos meses de janeiro a junho com flutuações entre 2000,2 a 1000,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹ e para os meses de julho a dezembro as menores incidências erosivas que fluem entre 7,7 a 155,7 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹. A região do Sertão as maiores erosividades centra-se nos meses de janeiro a março com ocorrência entre 433,8 a 1789,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, e os menores índices erosivos ocorrem nos meses de junho a dezembro com oscilação entre 1,2 a 99,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹. Já a região do Alto Sertão os máximos erosivos ocorrem entre os meses de dezembro a maio com flutuações de 141,6 a 2048,5 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, e os meses de junho a novembro com oscilação de 3,6 a 81,5 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, os menores valores erosivos.

Tabela 5. Precipitação média mensal, anual, índice de erosividade (EI_{30}) e Fator R

Região Cariri/Curimataú				Região Sertão				Região Alto Sertão			
Meses	Médias mensais	EI_{30}	R	Meses	Médias mensais	EI_{30}	R	Meses	Médias mensais	EI_{30}	R
Jan	43,8	200,2	17361,8	Jan	82,3	433,8	24140,5	Jan	110,5	628,8	27326,9
Fev	67,9	422,3		Fev	124,9	880,9		Fev	155,7	1126,6	
Mar	112,9	1000,9		Mar	189,5	1789,9		Mar	221,3	2048,5	
Abr	106,2	902,1		Abr	170,4	1494,8		Abr	176,7	1397,6	
Mai	61,1	352,8		Mai	83,5	445,0		Mai	78,6	352,5	
Jun	47,5	229,9		Jun	34,7	99,9		Jun	33,2	81,5	
Jul	37,8	155,7		Jul	18,3	33,7		Jul	17,2	26,7	
Ago	16,5	38,1		Ago	6,0	5,1		Ago	5,9	4,3	
Set	7,6	10,2		Set	2,6	1,2		Set	5,3	3,6	
Out	6,4	7,7		Out	6,4	5,6		Out	12,0	14,4	
Nov	6,9	8,7		Nov	9,6	11,2		Nov	19,1	31,9	
Dez	17,9	43,5		Dez	29,0	73,7		Dez	46,0	141,6	
Anual	532,6	13989,5		Anual	757,2	18865,8		Anual	881,5	21469,0	

O fator R das áreas em estudo foi de 43.776,3 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹ no Litoral; 25.135,1 no Agreste; 30.675,9 no Brejo; 17.361,8 no Cariri/Curimataú; 24.140,5 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹ no Sertão e no Alto Sertão 27.326,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo de moderada a alta, a concentração da erosividade.

Os índices de erosividades basicamente seguem a distribuição da precipitação, o que concorda com o princípio proposto por Lemos e Bahia (1992). Na Figura 6b e 6c para a região do Litoral observa-se que para os cenários B2 e A2 ocorrerão redução significativas nos seus índices quando comparada à Figura 6a.

Figura 6. Erosividade com a média climatológica da precipitação (a). Erosividade para o cenário B2 (b), Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do litoral.

Na Figura 7b e 7c observa-se que para os cenários B2 e A2 ocorrerão reduções significativas

nos seus índices quando comparada com a Figura 7a.

Figura 7. Erosividade com a média climatológica da precipitação (a). Erosividade para o cenário B2 (b). Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do Agreste.

Na Figura 8b e 8c, para a região do Brejo, observa-se que para os cenários B2 e A2

ocorrerão reduções significativas nos seus índices quando comparada com a Figura 8a.

Figura 8. Erosividade com a média climatológica da precipitação (a). Erosividade para o cenário B2 (b). Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do Brejo.

Na Figura 9 observa-se a erosividade com a média climatológica da precipitação (a), Erosividade para o cenário B2 (b), Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do Cariri/Curimataú. Sendo esta área a mais degradada no Estado e também por ser uma região

de transição entre o Brejo e Sertão os índices pluviométricos ocorrem com maior intensidade e em curto intervalo de tempo carregando ainda mais os terrenos erosivos para os cenários B2 e A2.

Figura 9. Erosividade com a média climatológica da precipitação (a). Erosividade para o cenário B2 (b). Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do Cariri/Curimataú.

Na Figura 10 observa-se a erosividade média climatológica da precipitação (a), Erosividade para o cenário B2 (b), Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do Sertão. Destaca-se que a erosividade nesta região apresenta-se praticamente

constante devido à variabilidade dos índices pluviométricos e por que a área contém muitos locais erosivos que não sofrem mais alterações com as chuvas ocorridas que são de baixa intensidade e de curta duração.

Figura 10. Erosividade com a média climatológica da precipitação (a). Erosividade para o cenário B2 (b), Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do Sertão.

Na Figura 11 observa-se a erosividade com a média climatológica da precipitação (a). Erosividade para o cenário B2 (b), Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do Alto Sertão. Nota-se que ocorrem reduções de erosividade para o cenário B2 e A2, e estas reduções são

ocasionadas pela distribuição das chuvas que são mais espaçadas de altas intensidades e em curtos intervalos de tempo. Deste modo a primeira chuva carrega o solo e forma barreiras natural de reduções erosivas.

Figura 11. Erosividade com a média climatológica da precipitação (a). Erosividade para o cenário B2 (b), Erosividade para o cenário A2 (c) para a região do Alto Sertão.

As Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 representam o cálculo do balanço hídrico climatológico para os cenários normal, B2 e A2, das regiões do Litoral, Agreste, Brejo, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão Paraibano. Na Tabela 6 observa-se o balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2, Região Litoral, e verificam-se aumentos significativos nos índices de evapotranspiração potencial (ETP) com destaque para o cenário A2 onde praticamente ocorreu o dobro da ETP. Observa-se que ocorreram reduções na evaporação real nos cenários B2 e A2 quando comparados com a normal e as deficiências hídricas aumentaram e o excedente hídrico foi reduzido para o cenário B2, onde não ocorreu excedente no cenário A2.

Na Tabela 7 observa-se o BHC para cenários normal, B2 e A2, para a região do Agreste, onde se tem que as ETP aumentaram para os cenários B2 e A2. As EVR sofreram reduções nos cenários B2 e A2, com exceção para os meses de abril a julho onde os índices evaporativos aumentaram no cenário B2. Registraram-se aumentos nos índices das deficiências para os cenários B2 e A2. Não ocorreram excedentes hídricos nos cenários estudados com exceção o mês de julho no BHC

normal. Na Tabela 8 observa-se o demonstrativo do balanço hídrico para os cenários normal, B2 e A2, para a região do Brejo onde se registrou aumentos nos índices da ETP e EVR para os cenários B2 e A2 com exceção os meses de abril e maio quando comparada ao BHC normal. As deficiências sofreram elevações no cenário B2 comparado ao BHC normal, para o cenário A2 ocorreram todos os meses. Os excedentes não ocorreram nos cenários B2 e A2 exceto os meses de junho e julho no cenário normal.

Na Tabela 10 observa-se o demonstrativo do balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2, na região do Sertão, onde se observa aumentos nos índices evaporativos para os três cenários. Observa-se redução dos índices EVR exceto nos meses de março e abril para o cenário A2. Aumento das deficiências hídricas nos três cenários estudados e os excedentes hídricos não ocorreu para os três cenários. Na Tabela 9 observa-se o balanço hídrico normal para cenários B2 e A2, na região do Cariri/Curimataú. Observa-se aumentos nos índices da ETP e EVR, as deficiências hídricas aumentaram não ocorreram excedentes hídricos nos três cenários.

Tabela 6. Balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2 da região do Litoral

Meses	Normal				B2				A2			
	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC
Jan	152,5	84,7	67,8	0,0	174,1	75,8	98,3	0,0	281,7	60,1	221,7	0,0

Fev	141,4	106,1	35,3	0,0	161,4	95,3	66,1	0,0	261,4	76,1	185,3	0,0
Mar	147,1	147,1	0,0	0,0	167,5	144,7	22,8	0,0	268,3	115,7	152,6	0,0
Abr	129,8	129,8	0,0	0,0	147,2	147,2	0,0	0,0	232,0	153,2	78,9	0,0
Mai	118,7	118,7	0,0	117,5	133,8	133,8	0,0	25,5	206,3	172,0	34,4	0,0
Jun	99,6	99,6	0,0	195,7	111,4	111,4	0,0	154,4	167,2	167,2	0,0	0,0
Jul	94,8	94,8	0,0	128,1	105,7	105,7	0,0	95,0	156,0	156,0	0,0	0,0
Ago	94,0	94,0	0,0	39,7	104,6	104,6	0,0	15,7	153,9	118,1	35,8	0,0
Set	103,4	97,7	5,7	0,0	115,8	103,1	12,6	0,0	174,3	68,8	105,5	0,0
Out	127,1	70,9	56,2	0,0	143,6	64,2	79,5	0,0	223,4	26,0	197,3	0,0
Nov	139,0	44,4	94,6	0,0	158,0	37,3	120,7	0,0	251,3	20,5	230,8	0,0
Dez	157,1	44,4	112,7	0,0	179,3	38,2	141,1	0,0	290,1	27,9	262,2	0,0

ETP – Evapotranspiração potencial; EVR – Evaporação Real; DEF – Deficiência hídrica e EXC – Excedente hídrico.

Tabela 7. Balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2, região Agreste

Meses	Normal				B2				A2			
	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC
Jan	129,1	50,0	79,1	0,0	144,6	44,2	100,4	0,0	219,8	35,1	184,7	0,0
Fev	117,6	64,3	53,2	0,0	131,6	57,6	74,0	0,0	199,4	46,0	153,4	0,0
Mar	123,9	104,6	19,3	0,0	138,5	94,1	44,4	0,0	208,4	75,3	133,1	0,0
Abr	108,4	108,4	0,0	0,0	120,6	110,8	9,9	0,0	178,5	88,6	89,9	0,0
Mai	98,9	98,9	0,0	0,0	109,5	100,8	8,7	0,0	158,8	80,7	78,1	0,0
Jun	82,4	82,4	0,0	0,0	90,6	90,6	0,0	0,0	128,1	90,7	37,4	0,0
Jul	79,1	79,1	0,0	10,6	86,7	86,7	0,0	0,0	121,0	84,9	36,1	0,0
Ago	79,9	78,6	1,2	0,0	87,6	68,3	19,2	0,0	122,2	45,8	76,4	0,0
Set	90,7	70,7	20,0	0,0	100,1	46,1	54,0	0,0	143,4	24,4	119,1	0,0
Out	110,2	43,1	67,1	0,0	122,5	22,3	100,1	0,0	180,3	9,5	170,8	0,0
Nov	119,1	26,4	92,7	0,0	132,9	16,7	116,3	0,0	199,3	10,5	188,9	0,0
Dez	131,5	27,2	104,3	0,0	147,3	21,8	125,5	0,0	223,3	16,5	206,7	0,0

Tabela 8. Balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2 para a região do Brejo

Meses	Normal				B2				A2			
	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC
Jan	139,2	72,2	67,0	0,0	157,4	64,5	92,9	0,0	246,6	51,2	195,4	0,0
Fev	127,4	84,5	42,9	0,0	143,9	75,8	68,1	0,0	224,8	60,5	164,3	0,0
Mar	133,3	126,9	6,4	0,0	150,2	114,2	36,0	0,0	232,5	91,3	141,2	0,0
Abr	117,3	117,3	0,0	0,0	131,7	131,7	0,0	0,0	200,6	106,9	93,7	0,0
Mai	107,7	107,7	0,0	0,0	120,2	120,2	0,0	0,0	179,4	102,7	76,7	0,0
Jun	90,4	90,4	0,0	37,7	100,3	100,3	0,0	0,0	145,9	116,2	29,7	0,0
Jul	86,8	86,8	0,0	55,8	96,0	96,0	0,0	0,0	137,7	102,7	35,0	0,0
Ago	87,1	87,1	0,0	0,0	96,2	92,5	3,6	0,0	137,9	62,3	75,6	0,0
Set	97,3	84,4	12,9	0,0	108,2	74,9	33,4	0,0	159,1	30,5	128,7	0,0
Out	118,4	52,6	65,7	0,0	132,6	39,3	93,3	0,0	200,7	11,4	189,3	0,0
Nov	128,4	32,6	95,8	0,0	144,7	25,0	119,6	0,0	223,4	13,6	209,8	0,0
Dez	142,9	33,9	109,0	0,0	161,5	28,6	132,9	0,0	252,7	21,1	231,7	0,0

Tabela 9. Balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2, região do Cariri/Curimataú.

Meses	<i>Normal</i>				<i>B2</i>				<i>A2</i>			
	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC
Jan	115,2	43,8	71,3	0,0	127,4	39,4	88,0	0,0	185,1	31,5	153,6	0,0
Fev	103,6	68,0	35,6	0,0	114,4	61,2	53,3	0,0	165,4	48,9	116,5	0,0
Mar	110,1	110,1	0,0	0,0	121,4	101,6	19,8	0,0	174,7	81,3	93,4	0,0
Abr	96,2	96,2	0,0	0,0	105,7	95,6	10,2	0,0	149,8	76,5	73,4	0,0
Mai	87,9	64,1	23,8	0,0	96,1	55,0	41,1	0,0	133,7	44,0	89,7	0,0
Jun	73,1	49,7	23,4	0,0	79,5	42,8	36,8	0,0	108,1	34,2	73,9	0,0
Jul	70,7	39,9	30,8	0,0	76,6	34,0	42,6	0,0	103,1	27,2	75,9	0,0
Ago	72,9	18,9	54,1	0,0	79,2	14,9	64,3	0,0	106,9	11,9	95,0	0,0
Set	84,5	9,3	75,2	0,0	92,4	6,9	85,5	0,0	128,2	5,5	122,7	0,0
Out	101,4	7,3	94,1	0,0	111,5	5,8	105,7	0,0	158,3	4,6	153,6	0,0
Nov	108,0	7,3	100,7	0,0	119,2	6,2	112,9	0,0	171,5	5,0	166,6	0,0
Dez	116,9	18,0	98,9	0,0	129,1	16,1	113,1	0,0	187,1	12,9	174,2	0,0

ETP – Evapotranspiração potencial; EVR – Evaporação Real; DEF – Deficiência hídrica e EXC – Excedente hídrico.

Tabela 10. Balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2, região do Sertão

Meses	<i>Normal</i>				<i>B2</i>				<i>A2</i>			
	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC
Jan	128,1	82,4	45,8	0,0	143,8	74,1	69,7	0,0	219,5	59,3	160,3	0,0
Fev	115,0	115,0	0,0	0,0	128,8	112,4	16,4	0,0	195,4	89,9	105,5	0,0
Mar	120,9	120,9	0,0	0,0	135,2	135,2	0,0	0,0	203,5	136,4	67,1	0,0
Abr	108,0	108,0	0,0	41,0	120,4	120,4	0,0	0,0	178,9	122,7	56,2	0,0
Mai	100,2	98,9	1,3	0,0	111,2	95,9	15,3	0,0	162,4	60,2	102,3	0,0
Jun	85,7	68,5	17,2	0,0	94,6	53,6	41,0	0,0	135,2	25,0	110,2	0,0
Jul	84,0	42,8	41,2	0,0	92,4	29,9	62,5	0,0	130,9	13,2	117,7	0,0
Ago	88,3	20,8	67,6	0,0	97,4	12,5	84,9	0,0	139,1	4,3	134,8	0,0
Set	100,6	9,8	90,8	0,0	111,8	5,5	106,3	0,0	164,1	1,9	162,2	0,0
Out	118,7	9,3	109,4	0,0	132,6	6,9	125,7	0,0	199,2	4,6	194,6	0,0
Nov	124,2	10,5	113,6	0,0	139,2	8,9	130,3	0,0	211,7	6,9	204,8	0,0
Dez	132,8	29,3	103,5	0,0	149,0	26,2	122,8	0,0	227,7	20,9	206,9	0,0

ETP – Evapotranspiração potencial; EVR – Evaporação Real; DEF – Deficiência hídrica e EXC – Excedente hídrico.

Na Tabela 11 observa-se o demonstrativo do balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2, na região do Alto Sertão, onde as ETO apresentaram aumentos e as EVR registraram reduções para os três cenários. Não ocorreram deficiências hídricas nos meses de fevereiro a abril no cenário normal e

B2 e deficiências em todos os meses para o cenário A2. Os excedentes ocorrem nos meses de março e abril no cenário normal, no mês de abril no cenário B2 e sem ocorrência de excedentes hídricos no cenário A2.

Tabela 11. Balanço hídrico para cenários normal, B2 e A2, região do Alto Sertão.

Meses	<i>Normal</i>				<i>B2</i>				<i>A2</i>			
	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC	ETP	EVR	DEF	EXC
Jan	124,1	110,5	13,6	0,0	138,8	99,5	39,4	0,0	209,5	79,5	130,0	0,0
Fev	111,3	111,3	0,0	0,0	124,3	124,3	0,0	0,0	186,4	112,1	74,3	0,0
Mar	117,5	117,5	0,0	48,4	131,0	131,0	0,0	0,0	195,2	159,3	35,9	0,0
Abr	105,1	105,1	0,0	71,6	116,8	116,8	0,0	26,3	172,0	127,3	44,8	0,0
Mai	97,2	95,5	1,6	0,0	107,5	101,5	6,0	0,0	155,4	56,6	98,8	0,0
Jun	82,9	65,7	17,1	0,0	91,2	61,6	29,5	0,0	129,1	23,9	105,2	0,0
Jul	81,3	41,1	40,2	0,0	89,3	35,1	54,2	0,0	125,2	12,4	112,9	0,0
Ago	86,9	20,6	66,3	0,0	95,7	15,9	79,7	0,0	135,7	4,2	131,4	0,0
Set	99,9	12,6	87,3	0,0	110,7	9,5	101,2	0,0	161,7	3,8	157,8	0,0
Out	117,4	15,0	102,4	0,0	130,9	12,5	118,4	0,0	195,3	8,6	186,7	0,0
Nov	121,4	20,2	101,3	0,0	135,8	17,8	118,0	0,0	204,5	13,8	190,8	0,0
Dez	128,7	46,3	82,4	0,0	144,0	41,5	102,5	0,0	217,6	33,1	184,5	0,0

Nas Figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17 observam-se os demonstrativos dos balanços hídricos climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação normal (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para as regiões do Litoral, Agreste, Brejo, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão.

No cenário normal tem-se deficiência entre os meses de setembro a fevereiro, retirada de água ocorre entre setembro e dezembro, a reposição de

água ocorre entre os meses de março e abril, e os excedentes hídricos entre os meses de maio a agosto com destaque o mês de junho que recebe os maiores excedentes hídricos. Observam-se para o cenário B2 que ocorrem aumentos das deficiências, reduções nas reposições, retiradas e excedentes. No cenário A2 não ocorrem excedentes hídricos, as deficiências atingem valores extremos e a reposição de água ocorre em apenas poucos dias o que pode não chegar a atingir a capacidade de campo.

Figura 12. Balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Litoral.

Na Figura 13 observa-se o balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Agreste. Nos cenários referenciados observa-se excedente em alguns dias do mês de julho, as deficiências iniciam-se em agosto e prolongam-se até o mês de

março, as retiradas e reposições de água ultrapassam os 90 dias (Figura 11a). Para o cenário B2 (Figura 11b) observa-se deficiência entre os meses de agosto a maio e reposição de água em alguns dias dos meses de junho e julho. Na Figura 11c, representativa do cenário A2, predominam a deficiência hídrica em todos os meses.

Figura 13. Balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Agreste.

A Figura 14 representa o balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Brejo.

Na Figura 14a, BHC normal, tem-se excedentes nos meses de junho e julho, reposição de água no solo entre abril e junho, retirada de água entre os meses de setembro e novembro e as

deficiências predominam nos meses de setembro a março. Para o cenário B2 (Figura 14b) não ocorrem excedentes hídricos, as reposições de água ocorrem entre os meses de abril a maio mais não alcança a CAD estimada, a retirada da água vai de agosto a novembro e as deficiências ocorrem entre os meses de agosto a março.

Na figura 14c representativa do cenário A2 só se registra deficiência hídrica em todos os meses.

Figura 14. Balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Brejo.

Na Figura 15 observa-se o balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Cariri/Curimataú.

Na Figura 15a o BHC normal predominam a retirada de água nos meses de março e abril e as deficiências hídricas dos meses de maio a fevereiro. Nas figuras 15b e 15c, observa-se a predominância da deficiência hídrica em todos os meses.

Figura 15. Balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Cariri/Curimataú.

Na Figura 16 observa-se o balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Sertão.

O BHC normal o excedente hídrico só ocorre no mês de abril, a reposição da água vai de fevereiro a abril, a retirada de água prolonga-se de maio a setembro e as deficiências hídricas vai de junho a janeiro.

Figura 16. Balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Sertão.

A Figura 17 representa o balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Alto Sertão.

No BHC normal (Figura 17a) ocorrem excedentes nos meses de março e abril, as deficiências ocorrem entre junho e janeiro, a reposição das águas ocorrem nos meses de

fevereiro e março e as retiradas de água do solo ocorrem entre os meses de maio a outubro. Na Figura 17b observam-se excedentes hídricos em apenas alguns dias do mês de abril, as deficiências hídricas predominam entre os meses de maio a janeiro, a retirada de água vai de maio a setembro e a reposição entre os meses de fevereiro e abril. As deficiências estão presentes em todos os meses para o cenário A2 (Figura 17c).

Figura 17. Balanço hídrico climatológico com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação (a), balanço hídrico para o cenário B2 (b), balanço hídrico para o cenário A2 (c) para a região do Alto Sertão.

Medeiros et al. (2015) avaliaram o balanço hídrico e a erosividade das chuvas em função do cenário de mudanças climáticas para o município de Cabaceiras-PB e os resultados demonstraram que o cenário otimista (B2) e cenário pessimista (A2) indicaram situações críticas das condições do solo que ocasionarão perdas para os recursos hídricos e cultivos de sequeiro; de alta erosividade de fator (R) encontrado de $11.701,1 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

Santos et al. (2014) avaliaram o comportamento da disponibilidade hídrica em Santa Filomena-PI, analisando cenários futuros, por meio do BHC em condições normais, e observaram que ocorreu deficiência hídrica de maio a outubro, e os excedentes variaram de dezembro a maio, no cenário B2, enquanto que, no cenário A2, ocorreram excedentes entre janeiro e abril e deficiências hídricas de maio a novembro e os resultados da avaliação do potencial erosivo das chuvas foram de altíssima concentração de erosividade.

Medeiros et al. (2012), encontraram o fator (R) para o município de Areia-PB de $31.528,8 \text{ MJ mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}$ e estabeleceu que os maiores índices de erosividade fossem decorridos nos meses de março a agosto, que coincidem com o período chuvoso e a capacidade de campo em valores máximos.

Conclusão

As ETP apresentaram aumentos em todas as regiões e nos três cenários; as EVR mantiveram-se em reduções nos dois cenários B2 e A2, as deficiências e os excedentes hídricos sofreram oscilações de altos e baixos para todos os cenários.

Para os cenários B2 e A2 foi verificados reduções da erosividade em todas as regiões de estudo.

Os resultados obtidos tanto no cenário otimista (B2) quanto no pessimista (A2), indicam situações críticas das condições do solo que ocasionarão grandes impactos.

O fator R total das áreas em estudo foi de $43.776,3 \text{ MJ mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

Os índices pluviométricos para o cenário A2 serão insuficientes para vários tipos de culturas.

Os elementos meteorológicos aqui estudados e discutidos mostram que para os cenários B2 e A2, ocorrerão mudanças bruscas.

Agradecimentos

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor e ao CNPq/Fapesq a concessão de bolsa de pesquisa ao segundo autor.

Referências

- Aragão, J.O.R. 1976. Um Estudo da Estrutura das Perturbações Sinóticas no Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 51p.
- Barbosa, G. S.; Iost, C.; Schiessl, M.A.; Maciel, G.F. 2000. Estimativa da erosividade da chuva (R) na Bacia Hidrográfica do rio Manoel Alves Grande localizado no cerrado tocantinense. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16. Belém.
- Cavalcanti, E.P.; Silva, V.P.R.; Sousa, F. de A.S de. 2006. Programa computacional para estimativa da temperatura do ar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10, 140-147.
- 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 1, 154-157.
- Francisco, P.R.M. 2010. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Hastenrath, S.; Heller, L. 1977. Dynamics of Climatic Hazards in Northeast Brazil.

- Quarterly Journal Royal Meteorological Society 103, 77-92.
- IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. 2001a. Climate Change 2001: Impact's, Adaptation and Vulnerability. A Report of Working Group II of Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. 2001b. Climate Change 2001: Impact's, Adaptation and Vulnerability. A Report of Working Group II of Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. 2007. Climate Change – the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Jenkins, G.; Betts, R.; Collins, M.; Griggs, D.; Lowe, J.; Wood, R. 2005. Stabilising Climate to Avoid Dangerous Climate Change. A Summary of Relevant Research at the Hadley Centre. Hadley Centre, January.
- Kousky, V.E. 1979. Frontal influences on northeast Brazil. Monthly Weather Review 107, 1140-1153.
- Kousky, V.E.; Gan, M.A. 1981. Upper tropospheric cyclones vortices in the tropical south atlantic. Tellus, 33, p.538-551.
- Lemos M. do S.S.; Bahia, V.G. Erosividade da chuva. Informe Agropecuário 16, 25-31, 1992.
- Medeiros, R. M, Francisco, P. R. M.; Vieira, L. J. Dos S; Bandeira, M. M. 2012. Avaliação do índice da erosividade da chuva no município de Areia - PB no período de 1910–2010. INOVAGRI International Meeting, IV WINOTEC Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2012. Fortaleza.
- Medeiros, R.M. 2013. Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba. 138 p. Edição Avulsa.
- Medeiros, R.M. 2013. Balanço hídrico em planilhas eletrônicas conforme formulação de Thornthwaite (1948; 1957).
- Medeiros, R.M.; Silva, V.P.R.; Gomes Filho, M.F. 2013. Análise hidroclimática da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto–Piauí. Revista de Engenharia e Tecnologia 5, 151-163.
- Medeiros, R.M.; Francisco, P.R.M.; Bandeira, M.M. 2012. Balanço Hídrico Climatológico, em Decorrencia do Aquecimento Global, no Município de Picuí - Semiárido Paraibano. Revista Brasileira de Geografia Física 1, 59-72.
- Medeiros, R.M.; Borges, C.K.; Vieira, L.J. dos S.; Francisco, P.R.M. 2012. Análise climatológica da precipitação no município de Cabaceiras-PB, no período de 1930–2011 como contribuição a Agroindústria. In: Seminário Nacional da Agroindústria, V Jornada Nacional da Agroindústria.
- Medeiros, R.M.; Sousa, F.A.S.; Gomes Filho, M.F. 2014. Variabilidade espaço temporal da precipitação na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto–PI. Revista Brasileira de Geografia Física 7, 211-222.
- Medeiros, R.M.; Matos, R.M.; Silva, P.F.; Saboya, L. M.F.; Francisco, P.R.M. 2015. Cálculo do balanço hídrico e da erosividade para o município de Cabaceiras-PB. Revista Enciclopédia Biosfera, 11, p.2894.
- Menezes, M.D.; Leite, F.P. 2011. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo 34, 1029-1039.
- Nobre, P.; Melo, A.B.C. 2001. Variabilidade climática intra-sazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998 – 2000. Climanálise, CPTEC/INPE, São Paulo. Dezembro.
- PARAÍBA. 2006. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESA). PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, 112p.
- Santos, D.C.; Medeiros, R.M.; Santos, D.C. Brito, J.I. B. 2014. Balanço Hídrico Climatológico e Erosividade em Função das Mudanças Climáticas em Santa Filomena–PI/Brasil. Revista Pernambucana de Tecnologia 2, 18–28.
- Santos, R.F.; Carlesso, R. 1998. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 2, 287-294.
- Silva, V.P.R. 2004. On climate variability in Northeast of Brazil. Journal of Arid Environments 58, 575-596.
- Silva, M.C.L.; Brito, J.I.B.; Costa, A.M.N. 2004. 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.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Ver. 38, 55-94.
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. 1955. The Water Balance. New Jersey: Drexel Institute Of Technology. Publications In Climatology, 104p.
- Varejão-Silva M.A.; Braga, C.C.; Aguiar M.J.N.; Nietzsche M.H.; Silva, B.B. 1984. Atlas

- Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande.
- Wischmeier, W.H.; Johnson, C.B.; Cross, B.V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. Ankeny. Journal of Soil and Water Conservation 26, 189-193.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Washington. Transactions of the American Geophysical Union 39, 285-291.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p.
- Yamazaki, Y.; Rao, V.B. 1977. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. Journal of the Meteorological Society of Japan 55, 205-207.
- Uvo, C.R.B. 1989. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro. Dissertação de mestrado. INPE, São José dos Campos.
- Yamazaki, Y.; Rao, V.B. 1977. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. Journal of the Meteorological Society of Japan 55, 205-207.