



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Balanço Hídrico da Climatologia Média e de Cenários Climáticos em São José de Mipibu – RN

Maytê Duarte Leal Coutinho¹, Michelyne Duarte Coutinho de Morais²

¹ Bolsista CAPES-Reuni; Doutoranda em Ciências Climáticas; Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. E-mail: maytecoutinho@yahoo.com.br; ²Bolsista CNPq; Doutoranda em Meteorologia; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Artigo recebido em 09/10/2012 e aceito em 19/10/2012

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo investigar possíveis alterações nas condições hídricas em escala local, em decorrência do aquecimento global para avaliar suas implicações no balanço hídrico (BH) e nas atividades econômicas. O regime hídrico foi avaliado usando dados de uma série climatológica (1966-2003) da cidade de São José de Mipibu (SJM)- RN das variáveis: precipitação observada (P) cedida pela UACA/UFCG, temperatura do ar (T) estimada e máxima capacidade de retenção de água disponível pelo solo oriunda da EMBRAPA. Calculou-se o BH segundo a metodologia de Thornthwaite & Mather (1957) para a condição média climatológica (cenário observado) e para condições decorrentes de quatro cenários climáticos: T+1,5°C e P+20%P, T+1,5°C e P – 20%P, T+3,0°C e P+20%P e T+3,0°C e P – 20%P. No BH do cenário observado, verificou-se que a oferta de água é insuficiente para atender às necessidades básicas do solo e das plantas, a deficiência hídrica predomina na maioria dos meses, exceto nos meses de março e abril, quando ocorre a reposição hídrica. Os cenários climáticos com um aumento da temperatura do ar de 1,5°C ou 3,0°C acarretarão um grande impacto nas reservas hídricas, visto que aumentará a evaporação, ressecamento dos solos e salinização. Por outro lado, um acréscimo em 20% na precipitação média será insuficiente para atender às necessidades básicas do solo, vegetação e da sociedade. Os cenários com redução da precipitação média em 20% poderão ocasionar danos e perdas na capacidade de uso e manejo dos solos, no meio ambiente e na sustentabilidade da população.

Palavras – chave: Balanço hídrico, cenários climáticos, climatologia média, São José de Mipibu-RN.

Water Budget of average climatology and of climatic sceneries in São José de Mipibu – RN

ABSTRACT

This research has the aims to investigate possible changes in water conditions on the local scale as a result of global warming and to evaluate its implications in the water budget (WB) and in the economic activities. The water system was evaluated using data of a climatological series (1966-2003) in the city of São José de Mipibu (SJM) – RN of the variables: observed precipitation (P) provided by UACA/UFCG, air temperature (T) estimated and maximum retention of water available by soil from EMBRAPA. We calculated the WB according the methodology of Thornthwaite & Mather (1957) for the climatological average conditions (observed scenery) and for conditions resulting from four climatic sceneries: T+1,5°C e P+20%P, T+1,5°C e P – 20%P, T+3,0°C e P+20%P e T+3,0°C e P – 20%P. In the WB of the observed scenery, we found that the water supply is insufficient to attend the basic needs of soil and plants. The water deficit prevails in the majority months except in March and April when there is replacement of water. The climatic sceneries with an increase in air temperature of 1,5 °C or 3,0 °C will cause the large impact in the water reserves whereas will increase the evaporation, dry soils and salinization. On the other hands, an increase of 20% in the average precipitation will be insufficient to attend basic needs of the soil, vegetation and society. The sceneries with a reduction of average precipitation by 20% will can damage and lost in the ability to use and land management, environment and sustainability of the population.

Keywords: water budget, climatic sceneries, average climatology, São José do Mipibu-RN.

* E-mail para correspondência: maytecoutinho@yahoo.com.br (Coutinho, M. D. L.).

1. Introdução

Indícios de mudanças climáticas nas diversas escalas espaciais (local, regional e global) vêm sendo acompanhados com muita atenção por grande parte da comunidade científica. O sistema climático deve se adaptar à evolução das concentrações de gases de efeito estufa para manter o balanço energético global. Isso significa que o clima está mudando nas diferentes escalas espaciais e continuará a mudar à medida que os níveis de gases de efeito estufa continuam aumentando (Galina et. al., 2004)

Jenkin et al. (2005) ressaltaram que o sistema climático terrestre é bastante complexo e difícil de ser compreendido pelos cientistas que investigam a magnitude, escala de tempo e impactos das mudanças climáticas em decorrência do aquecimento global. O planeta sofrerá com tais mudanças, mas certamente a população mais pobre de países mais vulneráveis serão as mais suscetíveis aos impactos negativos.

O tema aquecimento global tem sido objeto de muitos estudos nas últimas duas décadas. Segundo Dow e Downing (2007), de 1976 a 2005 foram publicados mais de 17.600 artigos sobre mudanças climáticas. Entretanto, este é um assunto que ainda gera polêmicas. Dados do Goddard Institute for Space Studies (GISS) mostram que a temperatura média global, próxima a superfície da Terra e estimada de estações meteorológicas, apresentou um aumento de aproximadamente $0,92^{\circ}\text{C}$ nos últimos 120

anos (Giss, 2011). Quando se tem uma combinação de dados de temperatura do ar de estações e de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), verifica-se um aumento de $0,75^{\circ}\text{C}$ (Giss, 2011). Estudos de Marengo (2011) para o quarto relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) descrevem que para o Nordeste do Brasil (NEB) no cenário climático pessimista, a temperatura do ar aumentaria de 2 a 4°C e a chuva se reduziria para valores entre 15 e 20% até o final do século XXI. Em um cenário otimista, o aquecimento teria valores entre 1 e 3°C e a chuva ficaria entre 10 e 15% inferior à condição presente. Os estudos de Salati et al. (2007) mostram, para um cenário mais otimista, aumento de 1,5 a 3°C da temperatura do ar no NEB e contrário aos resultados de Marengo (2011), a chuva aumentaria de 15 a 20% com relação à condição atual. No cenário mais pessimista, Salati et al. (2007) encontraram um aumento da chuva de 10 a 15% e um aumento da temperatura do ar de $2,5^{\circ}\text{C}$ a 4°C .

Coutinho e Brito (2011) investigaram mudanças no clima das mesorregiões do Rio Grande do Norte e da Paraíba e verificaram que nos cenários com o aumento de $3,0^{\circ}\text{C}$ da temperatura do ar e com o aumento da precipitação em 20%, o clima das mesorregiões destes estados foram modificados, enquanto que, para o cenário com o aumento de $1,5^{\circ}\text{C}$ da temperatura do ar não foram observadas mudanças no clima quando houve um aumento igual ou superior a

20% da precipitação. Nos cenários com redução da precipitação e aumento da temperatura do ar, verificaram-se fortes mudanças no clima de ambos estados. Segundo estes autores, o aumento (diminuição) da temperatura do ar ou da chuva não significa, necessariamente, em mudança no clima, pois existem localidades com diferentes totais anuais de precipitação e de temperatura média do ar, sendo assim, a classificação climática para as localidades pode ser a mesma. Por outro lado, modificações na temperatura do ar e na precipitação podem produzir mudanças climáticas drásticas.

Neste contexto, pesquisas abrangendo mudanças climáticas e conseqüentes alterações no balanço hídrico são de grande importância, em especial para as localidades onde estas se realizam, pois a agricultura é um dos grandes apoios da economia e apresenta ligação direta com as condições climáticas. Se as lavouras são cultivadas em épocas em que ocorre deficiência de água no solo, elas podem não se desenvolverem e se forem cultivadas tardiamente, deixam de crescer e acompanhar um bom índice, além disso, há a possibilidade do crescimento da lavoura ser interrompido quando a chuva pára.

O balanço hídrico é uma primeira avaliação hídrica de uma região. Com este é possível determinar a contabilização da água em determinada camada do solo, onde se definem os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um

determinado local (Reichardt, 1990), assim, identificando as áreas onde as culturas podem ser exploradas com maior eficácia (Barreto et al., 2009). De acordo com Pereira et al. (2002), os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica são: precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

O balanço pode ser realizado tanto na atmosfera como na superfície da terra, no solo ou, ainda, no sistema terra-atmosfera. Na atmosfera, o balanço é composto pelas variáveis: água precipitável (armazenamento de água na atmosfera), precipitação, convergência do fluxo de umidade atmosférico e pela evaporação. Em escala climatológica, o ciclo hidrológico de uma grande bacia requer as mesmas variáveis atmosféricas, assim como a água armazenada na bacia e a divergência do escoamento superficial.

O objetivo desta pesquisa é investigar alterações no comportamento do clima do município de São José de Mipibu (SJM) - RN através da avaliação do balanço hídrico das condições médias climatológicas (1966-2003) e das condições de quatro cenários climáticos: cenário I: T+1,5°C e P+20%P, cenário II: T+1,5°C e P - 20%P, cenário III: T+3,0°C e P+20%P e cenário IV: T+3,0°C e P - 20%P.

Pretende-se verificar as conseqüências

do aquecimento global no balanço hídrico de SJM-RN, o que será útil em se conhecer quais parâmetros hídricos poderão mudar. Tais informações ajudarão à comunidade deste município e do Nordeste em geral elaborarem um bom planejamento da disponibilidade de água no solo, quando tais cenários climáticos vierem a ocorrer.

2. Material e Métodos

2.1 Município em estudo

O município de SJM situa-se na mesorregião Leste Potiguar e na microrregião Macaíba (Figura 1), sendo limitado pelos municípios de Macaíba, Parnamirim, Nísia Floresta, Arês, Brejinho, Monte Alegre e Vera Cruz. A área de abrangência de SJM é de 293 km², altitude média de 58 m e tem posição geográfica em 06°04'30,0" de latitude sul e de 35°14'16,8" de longitude oeste, correspondendo a uma distância de 37 km de Natal.

SJM apresenta clima tropical chuvoso com verão seco e a estação chuvosa (de março a agosto) adiantando-se para o outono, temperatura média anual em torno de 27,1°C, umidade relativa média anual de 76% e precipitação média anual de 1261,3 mm (Idema, 2008).

2.2 Materiais

Neste estudo foram usados dados observados de precipitação mensal da cidade de SJM para o período de 1966 a 2003, cedido pela Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade

Federal de Campina Grande (UFCG). Os dados da máxima capacidade de retenção de água disponível pelo solo foram oriundos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro de Pesquisa de Solo (EMBRAPA), unidade em Recife. Como os dados de temperatura do ar são mais escassos e difíceis de serem obtidos quando comparados aos dados de TSM, os cientistas que monitoram o clima da Terra usam a TSM em substituição à temperatura do ar, assumindo que as duas temperaturas aumentam e diminuem proporcionalmente, como nos estudos de Cavalcanti e Silva (1994). O conhecimento da temperatura do ar é fundamental em várias áreas de pesquisa, principalmente em meteorologia, oceanografia, climatologia e hidrologia. Entretanto, em sua maioria, os modelos de estimativa de temperatura do ar fornecem apenas a média climatológica mensal, os quais não expressam a variação desse elemento climático ao longo do tempo. (Cavalcanti e Silva, 1994; Silva et al., 2006 e Cavalcanti et al., 2006).

Neste estudo, foram obtidas estimativas médias mensais da temperatura do ar para o período de janeiro de 1966 a dezembro de 2003 através do software Estima-T, desenvolvido por Cavalcanti et al. (2006). Este programa computacional tem como entrada: anomalia de TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico tropicais, obtida junto ao NOAA (2003), latitude, longitude e a altitude do local. Segundo Cavalcanti et al. (2006),



Figura 1. Localização geográfica de São José de Mipibu - RN. Fonte: IBGE (2012).

Equação 1. $T_{ij} = a_0 + a_1\lambda + a_2\varphi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\varphi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\varphi + a_8\lambda h + a_9\varphi h + ATSM_{ij}$

o modelo empírico do software Estima-T é dado pela Equação (1). Em que: φ é a latitude (em graus), λ é a longitude (em graus), h é a altitude da estação meteorológica (m), $a_0, a_1 \dots a_9$ são os coeficientes de regressão e i, j indicam o mês e o ano para o qual está sendo calculada a temperatura do ar (T_{ij}).

2.3 Métodos

2.3.1 Balanço Hídrico Climatológico (BHC)

O BHC foi realizado segundo a metodologia de Thornthwaite & Mather (1957), modificado por Krishan (1980). O programa para o cálculo deste balanço foi elaborado por Rolim et al. (1999) e foi usado nesta pesquisa. Para o cálculo do BHC utilizaram-se dados mensais de temperatura do ar, precipitação pluviométrica, coordenadas geográficas, altitude e

Capacidade de Água Disponível (CAD), definida como o armazenamento máximo de água no solo, o qual foi adotado o valor de referência de 120 mm em todos os cenários. Com estas informações, deduziu-se: evapotranspiração real, deficiência ou excedente hídrico e o total de água retida no solo ao longo do ano. Para uma melhor compreensão do cálculo destes parâmetros, ver Coutinho (2011).

2.3.2 Cenários climáticos

Foram elaborados cinco cenários para o cálculo do BH para o período de 1966 a 2003:

- (1) utilizando os dados médios mensais de temperatura do ar e precipitação, denominado de cenário observado;
- (2) temperatura do ar média mensal

adicionada de 1,5°C e precipitação mensal somada a 20% da própria precipitação mensal, cenário T+1,5°C e P+20%P,

(3) temperatura do ar média mensal adicionada de 1,5°C e precipitação mensal subtraída de 20% da própria precipitação mensal, cenário T+1,5°C e P – 20%P,

(4) temperatura do ar média mensal adicionada de 3,0°C e precipitação mensal somada a 20% da própria precipitação mensal, cenário T+3,0°C e P+20%P,

(5) temperatura do ar média mensal adicionada de 3,0°C e precipitação mensal subtraída de 20% da própria precipitação mensal, cenário T+3,0°C e P – 20%P.

3. Resultados e Discussão

3.1 Precipitação anual

A Figura 2 mostra a distribuição anual da precipitação em SJM, na qual indica tendência no comportamento da precipitação. Entretanto, vale salientar que, deve-se ter cuidado em afirmar se está ocorrendo tendência no aumento ou redução da

precipitação, visto que, a origem das medidas meteorológicas pode conter incertezas de ordem pessoal (grau de maturidade do observador em registrar a informação meteorológica) ou da técnica empregada, esta devido à qualidade dos equipamentos utilizados.

Desta maneira, partindo-se da hipótese que os dados meteorológicos usados neste estudo são verdadeiros, observa-se na Figura 2 uma queda na tendência da precipitação anual ao longo dos 37 anos estudados (1966 a 2003) e também uma grande variabilidade na distribuição anual da precipitação, característica inerente do clima semi-árido que predomina na maior parte do NEB.

Verifica-se ainda a influência do fenômeno La Niña atuando principalmente nos anos de 1973-74 e depois em 1988, assim como a influência do El Niño, principalmente, nos anos de 1968/70, 1983/84 e depois 1998/99 com precipitações anuais que superaram e/ou não atingiram os níveis normais.

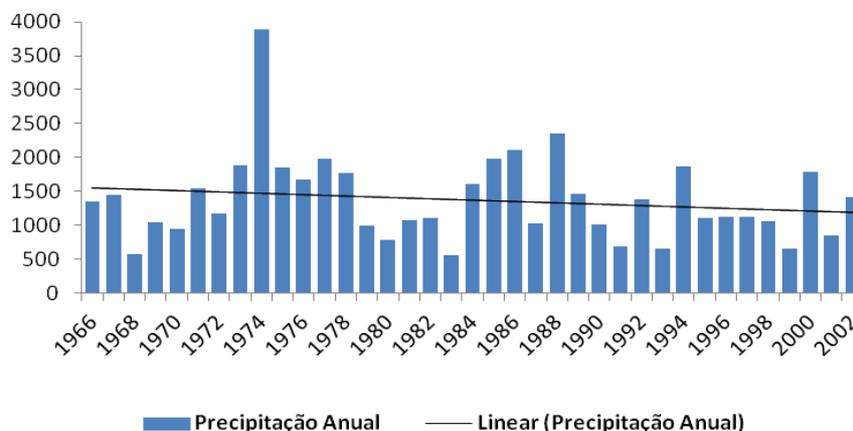


Figura 2. Distribuição anual da precipitação pluviométrica em SJM - RN para o período de 1966 a 2003.

3.2 Temperatura média do ar

O comportamento médio mensal da temperatura do ar estimada e da precipitação observada na cidade de SJM-RN é mostrado na Figura 3. Pode-se verificar que, embora a cidade tenha um clima semi-árido, a temperatura do ar é amenizada pela altitude

do local, de modo que a temperatura média anual fica em torno de 25,4°C, sendo o mês de Julho o mais frio, com temperatura média em torno de 23,7°C e Fevereiro o mês mais quente, com valores médios em torno de 26,6°C.

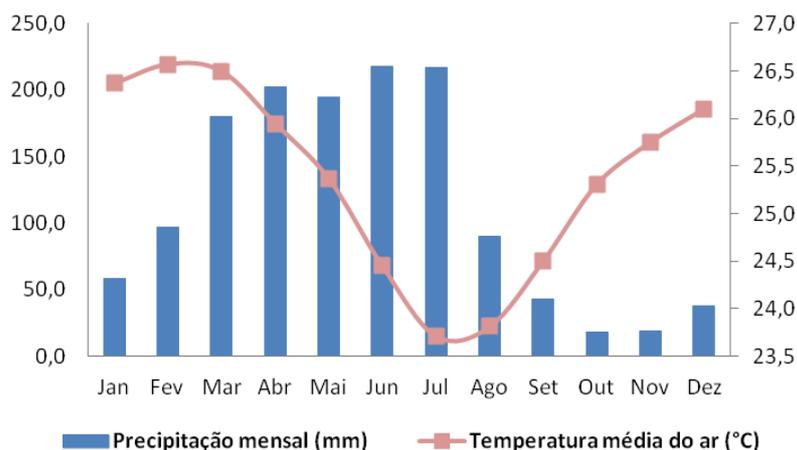


Figura 3. Precipitação mensal observada e temperatura média mensal estimada em SJM-RN para o período de 1966-2003.

O gráfico termo-pluviométrico (Figura 3) para SJM demonstra uma notável variabilidade mensal dos dois elementos climáticos. Os meses mais chuvosos são Junho (217,4 mm) e Julho (216,9 mm) e os meses mais secos são outubro, novembro e dezembro, com 18,0, 19,0, 37,5 mm de chuva, respectivamente.

3.3 BHC

O resultado do BHC médio mensal para a cidade de SJM-RN está apresentado na Tabela 1. Nota-se que a região se caracteriza por precipitação média mensal de 114 mm mês⁻¹, totalizando 1373 mm ao ano, com maior concentração nos meses de março a julho no total precipitado (1012 mm), sendo

que, os maiores e os menores valores de precipitação média mensal ocorrem nos meses de junho e julho (217 mm) e outubro (18 mm), respectivamente.

A ETP anual é de 1432 mm, representando uma média mensal de 119 mm. Os meses com maiores e menores valores de ETP são vistos em março (142 mm) e julho (94 mm). O armazenamento de água no solo foi determinado pela capacidade de água disponível, onde se adotou o valor de 120 mm. A ETR apresentou um total médio anual de 1061 mm, com média mensal de 89 mm.

Para uma melhor visualização da variação dos dados mensais de P, ETR e ETP, para o período de 1966 a 2003, foi construído o gráfico da Figura 4, a partir da Tabela 1.

Tabela 1. BHC mensal da cidade de SJM – RN.

MESES	P	ETP	P-ETP	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
JAN	58	137	-80	-454	3	-3	61	77	0
FEV	97	131	-34	-489	2	-1	97	34	0
MAR	180	142	38	-132	40	38	142	0	0
ABR	203	126	77	-4	117	77	126	0	0
MAI	195	119	76	0	120	3	119	0	72
JUN	217	101	117	0	120	0	101	0	117
JUL	217	94	123	0	120	0	94	0	123
AGO	90	96	-6	-6	114	-6	96	0	0
SET	43	103	-60	-66	69	-45	88	15	0
OUT	18	121	-103	-169	29	-40	58	63	0
NOV	19	126	-107	-275	12	-17	36	89	0
DEZ	38	137	-100	-375	5	-7	44	93	0
TOTAIS	1373	1432	-59	-	52	0	1061	371	312
MÉDIAS	114	119	-5	-	63	0	89	31	26

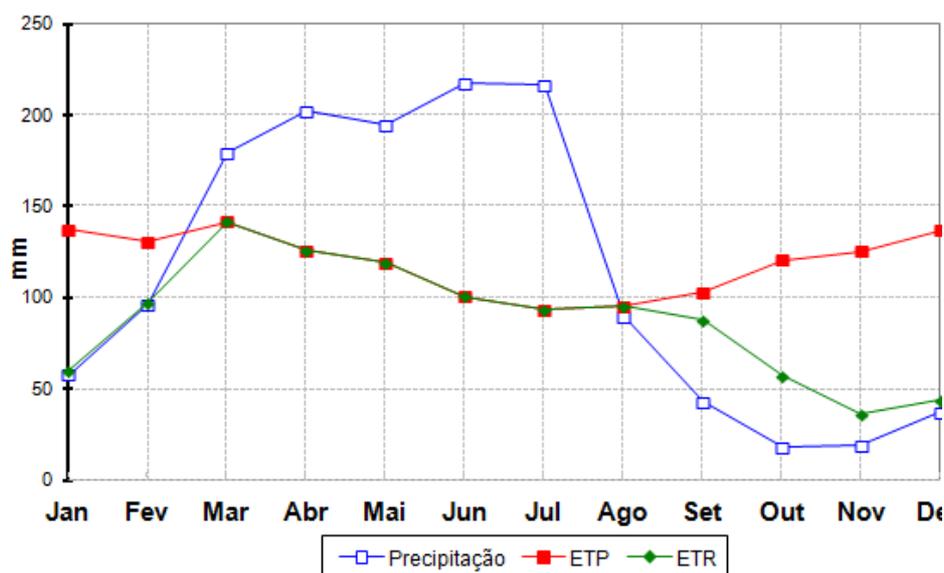


Figura 4. Curvas mensais de P, ETP e ETR em SJM-RN para o período de 1966-2003.

Nota-se que ocorre um aumento gradual de P de janeiro a julho, logo após, ocorrendo um decréscimo gradual de julho até dezembro. A curva de ETR mostra um

aumento significativo (em torno de 90 mm) de janeiro a março e decréscimos concentrados em dois períodos: de Março a julho e de agosto a novembro de forma mais

significativa. A curva de ETP segue a mesma variação com ligeiro decréscimo da curva de ETR no período de março a julho, porém a partir de agosto, ETP aumenta gradualmente, ou seja, com comportamento inverso ao da curva de ETR.

O gráfico da Figura 5 ilustra os períodos com deficiência e com excedente hídrico, retirada e reposição de água no solo. Em termos quantitativos os respectivos volumes de cada período, no qual indica que em seis meses (janeiro, fevereiro e de setembro a dezembro) do ano ocorre deficiência hídrica (totalizando 371 mm), e de março a abril são os meses em que há reposição hídrica, já o excedente hídrico para o período em estudo foi verificado em todos os meses da estação chuvosa, exceto em abril, totalizando 312 mm, simultaneamente ocorre uma redução nas taxas de evaporação, visto que, nos meses de junho a agosto observam-se as menores temperaturas mensais do ano (ver Figura 3).

Comparando-se os resultados da Figura 5 (condições médias) com os resultados da Figura 6 (cenário que representa o acréscimo de 20% na precipitação e aumento de 1,5° na temperatura média do ar) e Figura 7 (cenário que representa o acréscimo de 20% na precipitação e aumento de 3,0°C na temperatura média do ar), pode-se constatar que, as condições hídricas do solo tornam-se cada vez mais críticas em função do aumento de temperatura do ar, como é observado principalmente no cenário da Figura 7. Mesmo com o aumento da precipitação, há uma redução no excedente hídrico para dois meses com valores de aproximadamente 236,3mm, enquanto que o déficit hídrico aumenta bastante em sete meses com valor em torno de 707,7mm. Portanto, ressalta-se que mesmo com o aumento da precipitação estas são insuficientes para repor e manter a demanda hídrica do solo.

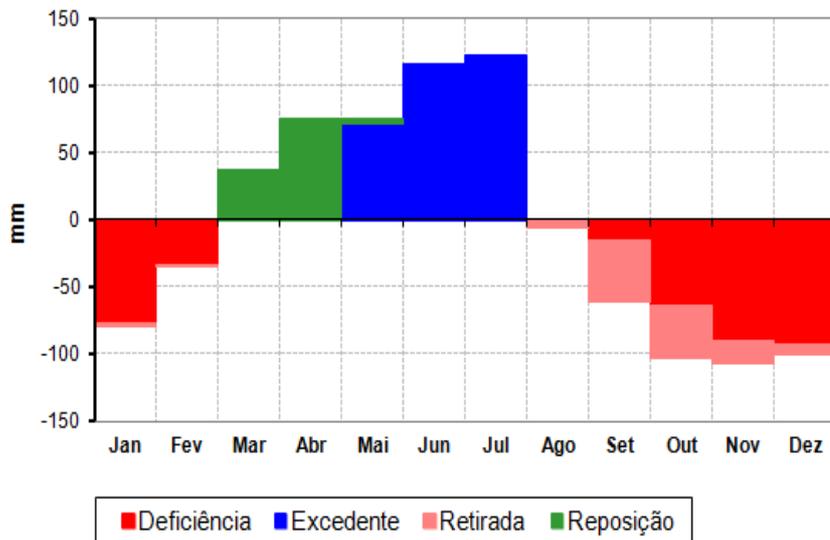


Figura 5. BHC simulado usando a média climatologia da temperatura do ar e precipitação.

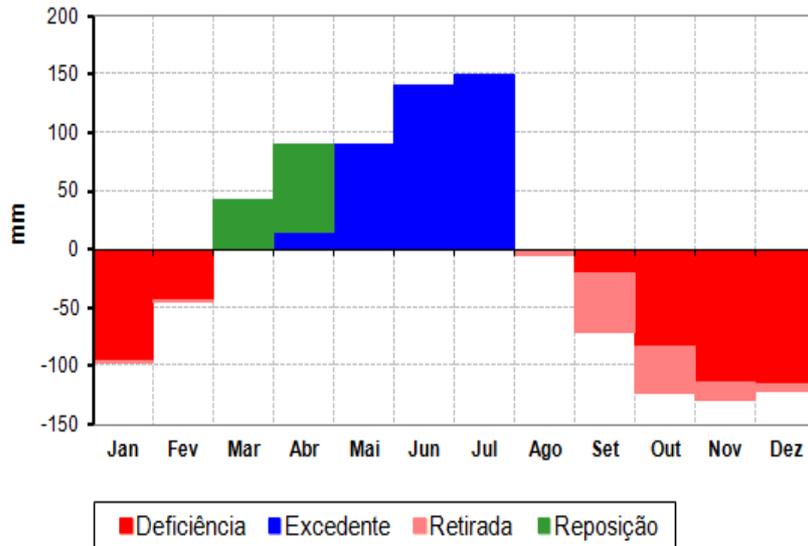


Figura 6. BHC com precipitação média acrescida de 20% e temperatura média do ar acrescida de 1,5°C.

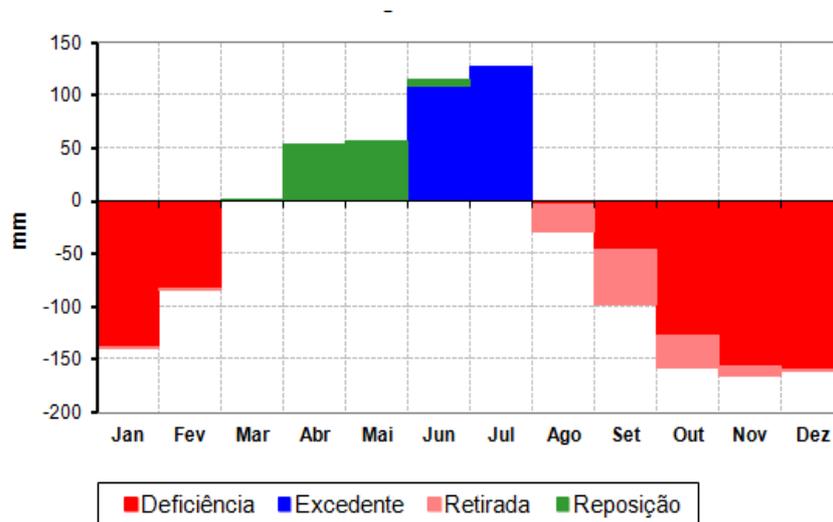


Figura 7. BHC com precipitação média acrescida de 20% e temperatura média do ar acrescida de 3,0°C.

Os gráficos das Figuras 8 e 9 representam os cenários onde se simulou a redução de 20% da precipitação média e o aumento de 1,5 e 3,0°C na temperatura média mensal, respectivamente. Pode-se constatar que, as condições hídricas do solo são bastantes críticas, visto que, o déficit hídrico aumenta no mês de março (Figura 8) e intensifica-se até o mês maio na Figura 9.

Embora pareça insignificante, a redução da precipitação em 20% juntamente com o aumento de temperatura seja ele de 1,5°C ou 3°C traz conseqüências negativas no regime hídrico. A Figura 8 mostra que só existe excedente hídrico em julho com valor de 25 mm. Este parâmetro não existe na Figura 9 e ocorre reposição hídrica nos meses de junho e julho com valores de 25 e 40 mm,

respectivamente. Isto certamente indica que a redução da precipitação em 20% ocasionará danos e perdas na capacidade de uso e manejo

dos solos, no meio ambiente e na sustentabilidade da população.

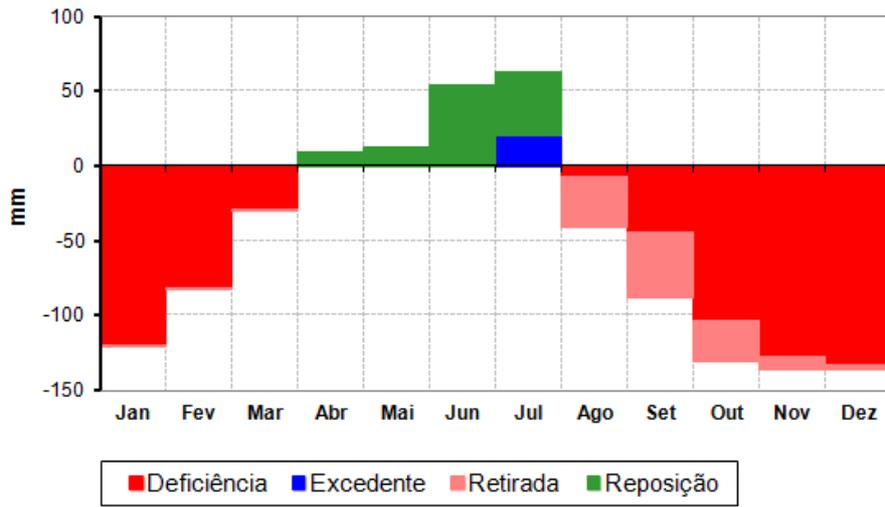


Figura 8. BHC com precipitação média com redução de 20% e temperatura média acrescida de 1,5°C.

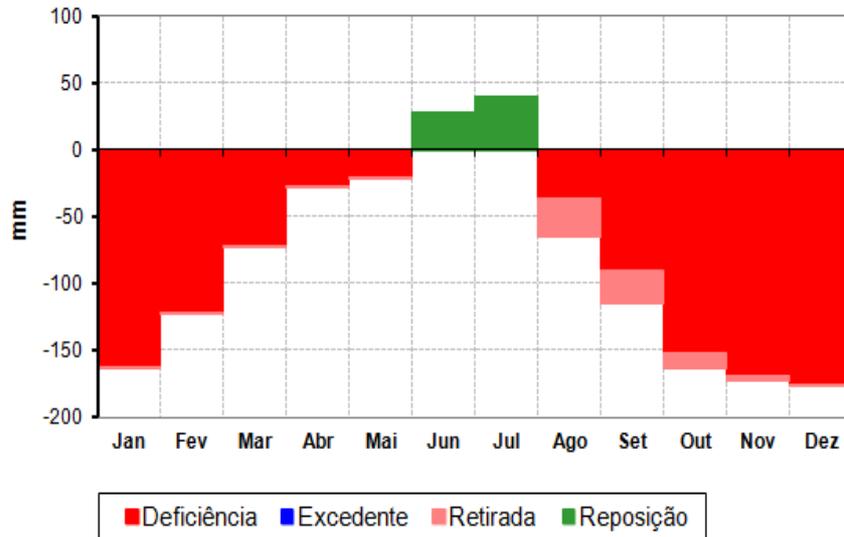


Figura 9. BHC com precipitação média com redução de 20% e temperatura média acrescida de 3,0°C.

4. Conclusões

Perante o cenário atual das limitações dos recursos hídricos e das possíveis futuras alterações no regime climático em decorrência do aquecimento global, é

importante atentar para as conseqüências que os nordestinos, em especial os mipibuenses, poderão enfrentar, pois de acordo com os resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que um aumento da temperatura do

ar seja ele de 1,5°C ou 3,0°C acarretará um grande impacto nas reservas hídricas (corpos hídricos superficiais e no lençol freático) visto que aumentará a evaporação, ressecamento nos solos e a salinização.

Por outro lado, se houver um acréscimo de 20% na precipitação média esta ainda será insuficiente para atender às necessidades básicas do solo, da vegetação e da sociedade, pois como a região apresentou seis meses de deficiência hídrica no solo, chegando a 371 mm ao ano e que se concentrou nos meses de janeiro-fevereiro e de setembro-dezembro, demonstra que para se garantir altas produtividades e qualidade da produção agrícola há a necessidade de um planejamento integrado dos recursos hídricos para a implantação do uso de sistemas de irrigação segundo o critério de maior deficiência ou de maior demanda. Nos cenários do BHC com a redução da precipitação em 20% ocorreu um aumento da deficiência hídrica nos meses (de maio a julho) onde deveria ter excedente hídrico e uma diminuição significativa deste último parâmetro nos meses chuvosos (junho e julho) da região. Esta situação certamente ocasionará danos e perdas na capacidade de uso e manejo dos solos, no meio ambiente e na sustentabilidade da população.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a UACA/UFCG pelo apoio dos dados meteorológicos e a EMBRAPA da unidade de Recife pela

disponibilidade dos dados de máxima capacidade de retenção de água disponível pelo solo.

6. Referências

Cavalcanti, E. P.; Silva, E. D. V. (1994). Estimativa da temperatura de ar em função das coordenadas locais. In: VIII Congresso Brasileiro De Meteorologia Latino Americano e Ibérico, Anais: A meteorologia na prevenção dos desastres Naturais, Belo Horizonte, v.1 , p. 154-157.

Cavalcanti, E. P.; Silva, V. P. R; Souza, 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, Brasil, v. 10, p. 140—147.

Coutinho, M. D. L, Brito, J. I. B. (2011). Modificações no clima da Paraíba e Rio Grande do Norte - Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa-PB, Brasil.

Coutinho, M. D. L. (março de 2011). Construções de cenários de possíveis mudanças climáticas para Paraíba e Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) / Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) / Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA).

Dow, K; Downing, T. E. (2007). O atlas das

mudanças climáticas: o mapeamento completo do maior desafio do planeta. São Paulo: Pub. folha, p. 120.

Galina, M. H.; Santos, M. J. Z. dos; Sentelhas, P. C. (2004). Mudanças Climáticas de curto prazo: análise da tendência dos regimes térmicos e hídricos do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP), no período de 1969-2001, Revista Sociedade e Natureza na visão da Geografia.

GISS - Goddard Institute for Space Studies. GISS Surface Temperature Analysis. disponível: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp>, acesso em: 30 de junho de 2011.

IBGE, Localização da região de São José de Mipibu, RN, acesso em: junho de 2012.

IDEMA. (2008). Perfil do Seu Município, São José de Mipibu – Secretária de Estado do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos-SEMARM.

Jenkins, G; B, R.; C. M.; G. D; L. J; W. R. (January 2005). Stabilising climate to avoid dangerous climate change - a summary of relevant research at the Hadley Centre. Hadley Centre.

Krishan, A. (1980). Agroclimatic classification methods and their application in India. In: Climatic classification: a consultant's Meeting. Patancheru: ICRISAT.

Marengo, J. A. Possíveis impactos da

mudança de clima no Nordeste. Disponível: <http://www.algosobre.com.br/atualidades/possiveis-impactos-da-mudanca-de-clima-no-ordeste.html>, acesso em: 28 de junho de 2011.

NOAA. disponível: <http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/index.html>, acesso em: Janeiro de 2011.

Pereira, A.R.; Angelocci, L.R.; Sentelhas, P.C. (2002). Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, p. 478.

Reichardt, K. (1990). A água em sistemas agrícolas. Barueri (SP): Manole.

Rolim, G. S.; Sentelhas, P. C.; Barbieri, V. (1998). Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, p.133-137.

Salati, E.; Campanhol, T.; Villa Nova, N. (Fevereiro de 2007). Relatório 4 “Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI”. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas – SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade. Subprojeto Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI, Brasília.

Silva, V. P. R.; Souza, F. A. S.; Cavalcanti, E. P.; Souza, E. P.; Silva, B. B. (2006). Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. *Journal of Atmospheric and Solar – Terrestrial Physics*, London, England, v.1, n.68, p. 781-792.

Sousa, B. S. B. (2009). Análise do balanço

hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belo Horizonte.

Thornthwaite, C. W., Mather, J. R. (1955). The water balance, *Laboratory of Climatology*, v. 8, n. 1, p. 1-14.