

ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO PARA O CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA CIDADE DE IGUATU – CE

Mairton Gomes da Silva¹; Francisco Dirceu Duarte Arraes²; Eder Ramon Feitoza Lêdo³ & Jarbas Honorio de Miranda⁴

RESUMO - O estudo das mudanças climáticas globais é objeto de várias iniciativas internacionais e nacionais para esboçar cenários futuros do clima, quantificando impactos e propondo medidas de mitigação e de adaptação. Objetivou-se com este trabalho analisar o balanço hídrico climatológico nos cenários de mudanças climáticas, na cidade de Iguatu - CE. O balanço hídrico foi determinado para os seguintes: cenários: (1) temperatura do ar + 1,5°C e aumento na precipitação em 20%; (2) temperatura do ar + 1,5°C e redução na precipitação em 20%; (3) temperatura do ar + 3,0°C e aumento na precipitação em 20%; (4) temperatura do ar + 3,0°C e redução na precipitação em 20%, adotando valor para CAD de 100 mm. O balanço hídrico foi elaborado no programa “Balanço Hídrico”, desenvolvido no ambiente Visual Basic Applications (VBA), este programa é constituído por um conjunto de 9 planilhas eletrônicas. No cenário atual, ocorre déficit hídrico de 1083,4 mm e excedente apenas de 10,4 mm. Nos cenários B2 e A2 (aumento de 1,5 e 3,0°C na temperatura e 20% na precipitação) não comprometem o balanço hídrico, enquanto no cenário (aumento de 1,5 e 3,0°C na temperatura e redução em 20% na precipitação) ocasionou déficit hídrico durante todo período.

ABSTRACT - The study of global climate change is the subject of several international and national initiatives for future scenarios of climate, quantifying impacts and proposed mitigation measures and adaptation. The objective of this work to analyze the climatic water balance in the climate change scenarios in the city of Iguatu - CE. The water balance was determined to be: scenarios: (a) air temperature + 1.5°C increase in the precipitation and 20%; (2) air temperature + 1.5°C to reduce precipitation at 20%; (3) air temperature increase in + 3.0°C and precipitation at 20%, (4); air temperature + 3.0°C and reducing the precipitation at 20%, adopting CAD value to 100 mm. The water balance was prepared in the “Water Balance”, developed in the Visual Basic Applications (VBA), this program consists of a set of nine spreadsheets. In the current scenario, there is a water deficit of 1083.4 mm and over only 10.4 mm. In the scenarios A2 and B2 (an increase of 1.5 and 3.0°C in temperature and precipitation in 20%) would not compromise the water balance, while in scenario (increase of 1.5 and 3.0°C temperature and 20% reduction in precipitation) caused drought throughout the period.

Palavras-Chave – Balanço hídrico, cenários B2 e A2, mudanças climáticas.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das condições climáticas de uma determinada região é necessário para que se possa estabelecer estratégias que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, almejando

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará—campus Iguatu, mairtong@hotmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Dep. de Eng. de Biosistemas – ESALQ/USP, dirceuarraes@gmail.com

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará—campus Iguatu, eder_ramon@hotmail.com

⁴ Departamento. de Engenharia de Biosistemas – ESALQ/USP, jhmirand@usp.br

dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região (Sousa *et al.*, 2010).

As variações regionais da temperatura do ar e da precipitação podem exercer profundas influências nas disponibilidades hídricas de uma região. Aliado às alterações climáticas, maiores taxas de deficiência hídrica são esperadas no futuro, principalmente em regiões semiáridas (Goubesville, 2008).

O estudo das mudanças climáticas globais é objeto de várias iniciativas internacionais e nacionais para esboçar cenários futuros do clima, quantificando impactos e propondo medidas de mitigação e de adaptação. Destacando-se os relatórios do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), referência para maioria dos pesquisadores do mundo. Em seu último relatório o IPCC (2007) aponta para um aumento médio da temperatura do ar entre 0,8 °C e 2,6 °C até 2050 e de 1,4 °C e 4,0 °C até o final deste século, em decorrência do aumento das concentrações dos gases de efeito estufa como: dióxido de carbono, óxido nitroso, vapor d'água, metano (Oliveira *et al.*, 2011).

Estima-se que as mudanças no clima global possam gerar anomalias climáticas que causarão interferência direta no ciclo das chuvas e de vazões das bacias hidrográficas, acarretando períodos de estiagem prolongada ou inundações de intensidades cada vez maiores, associadas à indução de riscos ambientais, econômicos e sociais, sendo os países mais pobres e em desenvolvimento os mais vulneráveis (Marengo *et al.*, 2008a; Marengo *et al.*, 2008b).

O consumo de água pelas culturas é diretamente afetado pelas mudanças do clima. Segundo a definição do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), entende-se por alterações climáticas, as alterações significativas no estado do clima que podem ser identificadas por variações de médias e/ou medidas de dispersão de variáveis climáticas, e que persistem por longos períodos, tipicamente décadas ou períodos ainda mais longos (Abreu e Pereira, 2007).

O balanço hídrico climatológico é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. A partir do suprimento de água no solo, via precipitação ou irrigação, da demanda atmosférica e da capacidade de água disponível, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real, da deficiência e do excedente hídrico, bem como do armazenamento de água no solo (Oliveira *et al.*, 2011). O balanço hídrico assim calculado torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região (Pereira *et al.*, 1997), o que é fundamental no planejamento das atividades urbanas e hidrelétricas.

O balanço hídrico climatológico é uma excelente ferramenta para estimativa da disponibilidade hídrica em uma região, seu cálculo é de fundamental interesse para diversas áreas como: planejamento de atividades agrícolas, zoneamento agroclimatológico, dimensionamento de

sistemas de irrigação e de bacias hidrográficas. O Nordeste Brasileiro (NEB) sofre constantemente com a escassez de água. No entanto, em algumas regiões o problema não é o total anual de precipitação pluviométrica que em média é elevado e sim a irregularidade da distribuição da mesma durante o ano (Casagrande *et al.*, 2010).

Vários trabalhos foram realizados com o objetivo de analisar os cenários futuros de mudanças climáticas, como: Silva *et al.* (2009); Correa *et al.* (2011); Coutinho *et al.* (2011); Oliveira *et al.* (2011); Paula *et al.* (2011); Teixeira *et al.* (2011); Saraiva e Souza (2012).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho analisar o balanço hídrico climatológico nos cenários B2 e A2 sobre mudanças climáticas, na cidade de Iguatu no Estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração do balanço hídrico no município de Iguatu – CE, foi utilizado o método de Thornthwaite e Mather (1955). Os dados utilizados no estudo foram obtidos da estação meteorológica convencional, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Localizada nas coordenadas geográficas: latitude de 06° 24' 48" S, longitude de 39° 24' 42" W e altitude de 217 m. Foram obtidos dados diários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, número de horas de insolação e velocidade do vento, em seguida os dados foram dispostos em escala mensal. O período de dados foi de 1961 a 2005.

O balanço hídrico foi determinado para os seguintes cenários: (1) temperatura do ar + 1,5°C e aumento na precipitação em 20%; (2) temperatura do ar + 1,5°C e redução na precipitação em 20%; (3) temperatura do ar + 3,0°C e aumento na precipitação em 20%; (4) temperatura do ar + 3,0°C e redução na precipitação em 20% (Coutinho *et al.*, 2011; Paula *et al.*, 2011). A capacidade de água disponível (CAD) foi de 100 mm.

Para a determinação do balanço hídrico climatológico foi utilizando o programa “Balanço Hídrico”, desenvolvido no ambiente Visual Basic Applications (VBA). Nesse programa o usuário tem a opção de estimar a evapotranspiração por quatro métodos, sendo: padrão Penman-Monteith FAO 56 (Equação 1), Thornthwaite (1948) (Equações 2 a 6), Hargreaves e Samani (1985) (Equação 7) e Tanque Classe “A” (Equação 8), respectivamente.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método considerado padrão Penman-Monteith, recomendado pela FAO no seu manual 56 (ALLEN *et al.*, 1998), Equação 1.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_m + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

em que:

ET_o - evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹; R_n - radiação líquida, MJ m⁻² dia⁻¹; G - densidade do fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹; T_m - temperatura média diária do ar, °C; u_2 - velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s⁻¹; e_s - pressão de saturação de vapor médio diário, kPa; e_a - pressão atual de vapor médio diário, kPa; $e_s - e_a$ - déficit de saturação de vapor médio diário, kPa; Δ - declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_m , kPa °C⁻¹; γ - coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹.

A estimativa da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948) é obtida através das equações 2 a 6.

$$ETPp = 16 \left(\frac{T_m}{I} \right)^a \quad \text{Para } 0 \leq T_m \leq 26,0^\circ C \quad (2)$$

$$ETPp = -415,85 + 32,24 \cdot T_m - 0,43 \cdot T_m^2 \quad \text{Para } T_m > 26,0^\circ C \quad (3)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2 \cdot T_m)^{1,514} \quad (4)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (5)$$

em que:

T_m - temperatura média do mês, °C; I - um índice que expressa o nível de calor disponível na região.

A ETPp estimada representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria naquelas condições térmicas, mas para um mês padrão de 30 dias, em que cada dia teria 12 horas de fotoperíodo (Thornthwaite, 1948). Portanto, para se obter a ETP do mês correspondente, esse valor de ETPp deve ser corrigido em função do número real de dias e do fotoperíodo do mês, Equação 6.

$$ETP = ETPp \cdot \left(\frac{ND}{30} \right) \left(\frac{N}{12} \right) \quad (6)$$

em que:

ETP - evapotranspiração potencial, mm mês⁻¹; ND - número de dias do mês em questão; N - fotoperíodo médio do mês.

A estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves e Samani (1985) foi obtida pela equação 7.

$$ET_{oHS} = 0,0023 (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} (T_m + 17,8) \cdot Ra \quad (7)$$

em que:

ET_{oHS} – evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹; $T_{máx}$, $T_{mín}$ e T_m – temperatura máxima, mínima e média; R_a - radiação no topo da atmosfera, MJ m⁻² dia⁻¹. Para a obtenção de R_a em mm dia⁻¹, divide-se por 2,45.

A estimativa da evapotranspiração de referência pelo Tanque Classe “A” foi obtida pela equação 8.

$$ET_{oTCA} = EV \cdot Kp \quad (8)$$

em que:

ET_{oTCA} – evapotranspiração de referência pelo tanque, mm dia⁻¹; EV – evaporação do tanque, mm; Kp – coeficiente do tanque, adimensional. Para os valores de Kp , o usuário tem a opção de selecionar tabelado ou o cálculo pelos métodos de Cuenca (1989) e Snyder (1992).

No programa o usuário tem a opção de determinar o balanço hídrico mensal, bem como o sequencial, e também a opção de visualização dos gráficos do extrato do balanço hídrico e o comportamento da variável precipitação, evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP), respectivamente.

O preenchimento do Negativo Acumulado ocorre no primeiro mês que aparecer valor negativo de $(P - ETP)$ após um período de valores positivos de $(P - ETP)$, cuja soma seja maior ou igual à CAD. Nesse mês, o valor do Negativo Acumulado será igual ao valor negativo de $(P - ETP)$. Com esse valor calcula-se o valor do Armazenamento (ARM), Equação 9.

$$ARM = CAD \cdot \exp\left(\frac{NegAcum}{CAD}\right) \quad (9)$$

Se no próximo mês $(P - ETP) < 0$, então:

$$NegAcum_n = NegAcum_{n-1} + (P - ETP) \quad (10)$$

O ARM continua sendo obtido com a equação 9 enquanto $(P - ETP) < 0$. Quando aparecer um mês com $(P - ETP) > 0$, então o armazenamento é obtido pela equação 11 e o Negativo Acumulado pela equação 12.

$$ARM_n = ARM_{n-1} + (P - ETP) \quad (11)$$

$$NegAcum = CAD \cdot \ln\left(\frac{ARM}{CAD}\right) \quad (12)$$

em que:

P – precipitação, mm; ARM – armazenamento, mm; CAD – capacidade de água disponível, mm; NegAcum – negativo acumulado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa desenvolvido no ambiente Visual Basic Applications (VBA) parte de uma tela inicial (Figura 1), e nas estimativas de evapotranspiração o usuário tem a opção de selecionar quatro métodos disponíveis, para em seguida determinar o balanço hídrico para sua região.



Figura 1 – Tela inicial do programa “Balanço Hídrico”

No cenário atual o total precipitado é de 1042, 1 mm, a evapotranspiração potencial é de 1906,6 mm e média mensal de 158,9 mm (Tabela 1). Ocorre déficit hídrico em nove meses, com total de 1083,4 mm. Nos meses de fevereiro e março nem ocorre déficit, nem excedente hídrico. Ocorre excedente hídrico apenas no mês de abril, de 10,4 mm. Paula *et al.* (2011) analisando o excedente hídrico no Estado do Ceará, observaram uma variação no excedente de 0 a 815 mm.

Tabela 1 – Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955), para o cenário atual

Mês	Tm (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	Neg-Acum	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	28,2	168,60	151,85	-17,0	-1183,4	0,0	0,0	134,9	17,0	0,0
Fev	27,4	178,22	131,13	11,4	-216,7	11,4	11,4	131,1	0,0	0,0
Mar	27,0	248,13	133,85	64,7	-27,3	76,1	64,7	133,9	0,0	0,0
Abr	26,7	197,44	123,61	34,3	0,0	100,0	23,9	123,6	0,0	10,4

Mai	26,2	117,75	123,97	-29,8	-29,8	74,3	-25,7	119,9	4,0	0,0
Jun	25,8	34,04	124,48	-97,2	-127,0	28,1	-46,2	73,4	51,1	0,0
Jul	26,2	15,85	150,03	-137,4	-264,4	7,1	-21,0	33,6	116,4	0,0
Ago	27,3	6,11	183,16	-178,3	-442,6	1,2	-5,9	10,8	172,4	0,0
Set	28,3	15,48	189,49	-177,1	-619,8	0,2	-1,0	13,4	176,1	0,0
Out	29,3	14,90	209,54	-197,6	-817,4	0,0	-0,2	12,1	197,4	0,0
Nov	29,4	7,78	197,37	-191,1	-1008,5	0,0	0,0	6,2	191,1	0,0
Dez	29,3	37,75	188,12	-157,9	-1166,4	0,0	0,0	30,2	157,9	0,0
Total	-	1042,1	1906,6	-1073,0	-5903,3	298,4	0,0	823,2	1083,4	10,4

Verifica-se o comportamento do extrato do balanço hídrico mensal (Figura 2), bem como dos dados de evapotranspiração potencial, precipitação e evapotranspiração real (Figura 3).

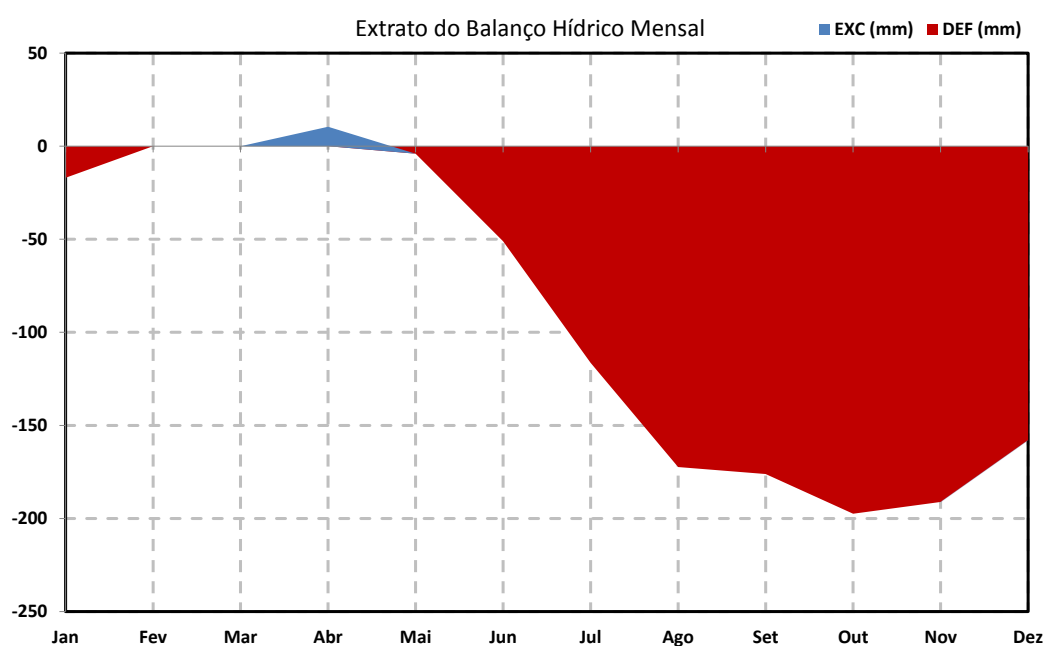


Figura 2 – Extrato do balanço hídrico mensal, cenário atual

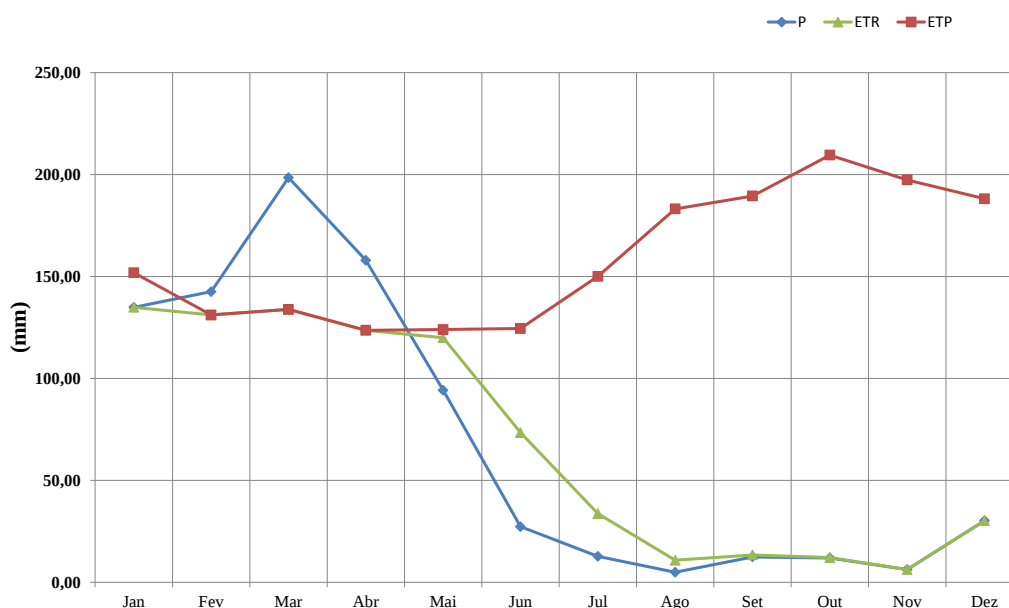


Figura 3 - Variação dos dados mensais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), cenário atual

Para o cenário de mudanças climáticas, com um aumento de 1,5°C na temperatura e 20% na precipitação (cenário B2) o total precipitado foi de 1250,5 mm, com incremento de 208,4 mm em relação ao cenário atual (Tabela 2). A evapotranspiração potencial foi de 1976,9 mm e média mensal de 164,7 mm, aumento de 70,3 mm (3,7%).

Ocorre déficit hídrico em sete meses, com total de 1028,8 mm e redução em relação ao cenário atual em 54,6 mm (5,0%). Verifica-se excedente hídrico nos meses de fevereiro a maio, com total de 302,4 e com aumento em relação ao cenário atual em 292 mm.

Constata-se, que mesmo para as previsões de aumento de 1,5°C na temperatura do ar, não irá comprometer o balanço hídrico para o município de Iguatu – CE, pois nesse mesmo cenário a um aumento de 20% na precipitação, favorecendo um aumento no excedente hídrico em relação ao cenário atual. Os resultados estão de acordo com os encontrados por Paula *et al.* (2011), onde analisaram o balanço hídrico para o Estado do Ceará para o cenário B2 (aumento da temperatura em 1,5°C e na precipitação em 20%) e encontraram valores de excedente variando de 0 a 1006 mm, mostrando que de maneira geral o Ceará terá excedente hídrico mesmo com o aumento da temperatura.

Porém os resultados não estão de acordo com os encontrados por Coutinho *et al.* (2011), em que analisaram o armazenamento de água no solo sob cenários de mudanças climáticas na Paraíba e Rio Grande do Norte e verificaram que mesmo aumentando em 20% na precipitação, o aumento de

1,5°C da temperatura média do ar foi capaz de produzir uma diminuição do conteúdo de umidade do solo em uma grande área da PB e RN.

Tabela 2 – Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955), para o cenário B2 (aumento de 1,5°C na temperatura + 20% na precipitação)

Mês	Tm (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	Neg-Acum	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	29,7	202,32	157,41	44,9	-80,0	44,9	44,9	157,4	0,0	0,0
Fev	28,9	213,86	135,88	78,0	0,0	100,0	55,1	135,9	0,0	22,9
Mar	28,5	297,76	139,11	158,6	0,0	100,0	0,0	139,1	0,0	158,6
Abr	28,2	236,93	128,51	108,4	0,0	100,0	0,0	128,5	0,0	108,4
Mai	27,7	141,30	128,88	12,4	0,0	100,0	0,0	128,9	0,0	12,4
Jun	27,3	40,85	129,77	-88,9	-88,9	41,1	-58,9	99,7	30,0	0,0
Jul	27,7	19,02	156,03	-137,0	-225,9	10,4	-30,7	49,7	106,4	0,0
Ago	28,8	7,33	190,29	-183,0	-408,9	1,7	-8,8	16,1	174,2	0,0
Set	29,8	18,58	196,03	-177,5	-586,3	0,3	-1,4	20,0	176,1	0,0
Out	30,8	17,88	216,84	-199,0	-785,3	0,0	-0,2	18,1	198,7	0,0
Nov	30,9	9,34	203,72	-194,4	-979,7	0,0	0,0	9,4	194,3	0,0
Dez	30,8	45,30	194,41	-149,1	-1128,8	0,0	0,0	45,3	149,1	0,0
Total	-	1250,5	1976,9	-726,4	-4283,9	498,5	0,0	948,1	1028,8	302,4

O extrato do balanço hídrico mensal é apresentado na Figura 4, e o comportamento dos dados de evapotranspiração potencial, precipitação e evapotranspiração real na Figura 5.

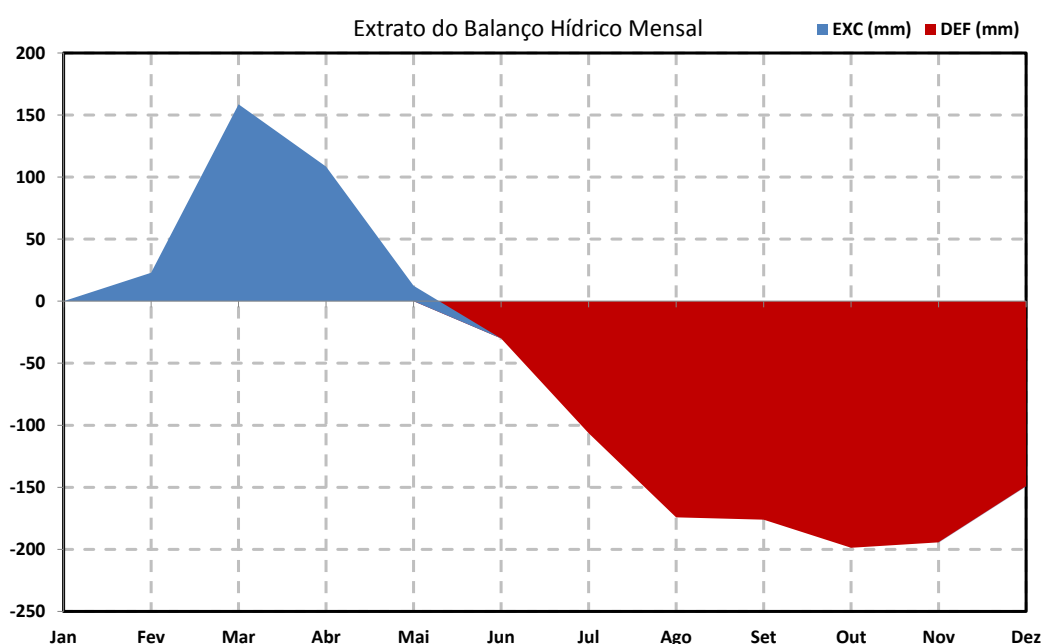


Figura 4 – Extrato do balanço hídrico mensal, cenário B2 (aumento de 1,5°C na temperatura + 20% na precipitação)

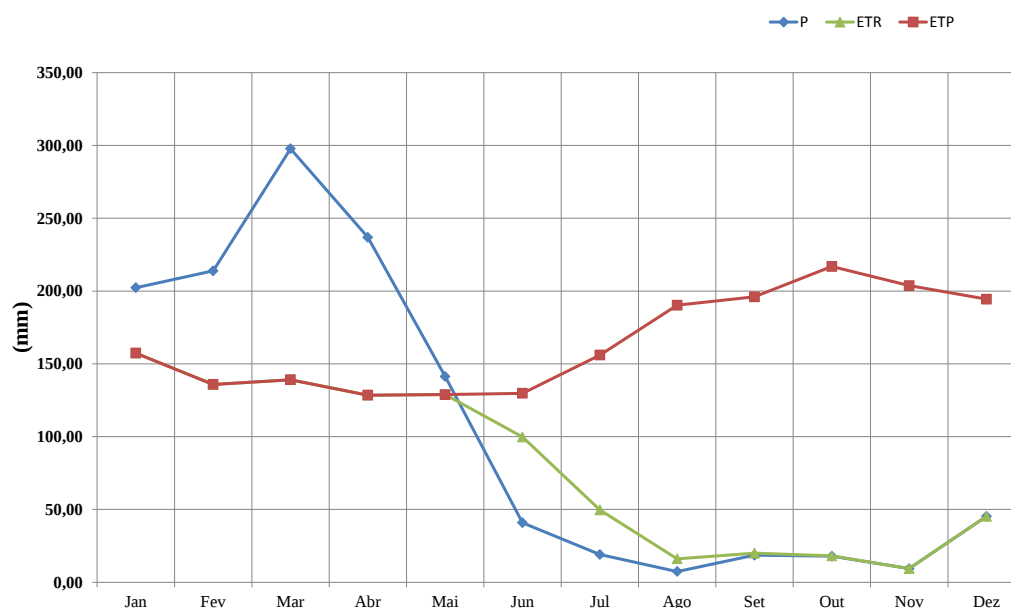


Figura 5 - Variação dos dados mensais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), cenário B2 (aumento de 1,5°C na temperatura e 20% na precipitação)

No cenário B2 (aumento de 1,5°C na temperatura e redução em 20% na precipitação), o total precipitado foi de 833,6 mm, redução em 208,5 mm em relação ao cenário atual (Tabela 3). O déficit hídrico ocorre em nove meses, com total de 1205,1 mm e aumento de 121,7 mm (11,2%) em relação ao cenário atual. Não ocorre excedente hídrico em nenhum mês (Figuras 6 e 7).

A previsão de redução em 20% da precipitação irá comprometer o balanço hídrico no município de Iguatu – CE, visto que o excedente hídrico foi igual a zero. Com base nesse cenário, a técnica da irrigação torna-se de suma importância na região e indispensável na produção das culturas ao longo do ano.

Tabela 3 – Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955), para o cenário B2 (aumento de 1,5°C na temperatura e redução em 20% na precipitação)

Mês	Tm (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	Neg-Acum	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	29,7	134,88	157,41	-26,4	-1306,1	0,0	0,0	134,9	26,4	0,0
Fev	28,9	142,58	135,88	3,9	-324,6	3,9	3,9	138,7	0,0	0,0
Mar	28,5	198,50	139,11	56,5	-50,5	60,4	56,5	142,0	0,0	0,0
Abr	28,2	157,95	128,51	26,7	-13,9	87,1	26,7	131,3	0,0	0,0
Mai	27,7	94,20	128,88	-38,8	-52,6	59,1	-28,0	122,2	10,8	0,0
Jun	27,3	27,23	129,77	-108,3	-160,9	20,0	-39,1	66,3	69,2	0,0
Jul	27,7	12,68	156,03	-150,6	-311,5	4,4	-15,6	28,3	135,1	0,0
Ago	28,8	4,89	190,29	-192,6	-504,1	0,6	-3,8	8,7	188,8	0,0
Set	29,8	12,38	196,03	-189,7	-693,8	0,1	-0,5	12,9	189,1	0,0
Out	30,8	11,92	216,84	-211,6	-905,4	0,0	-0,1	12,0	211,5	0,0

Nov	30,9	6,22	203,72	-204,1	-1109,5	0,0	0,0	6,2	204,1	0,0
Dez	30,8	30,20	194,41	-170,2	-1279,7	0,0	0,0	30,2	170,2	0,0
Total	-	833,6	2038,8	-1205,1	-6712,5	235,6	0,0	833,6	1205,1	0,0

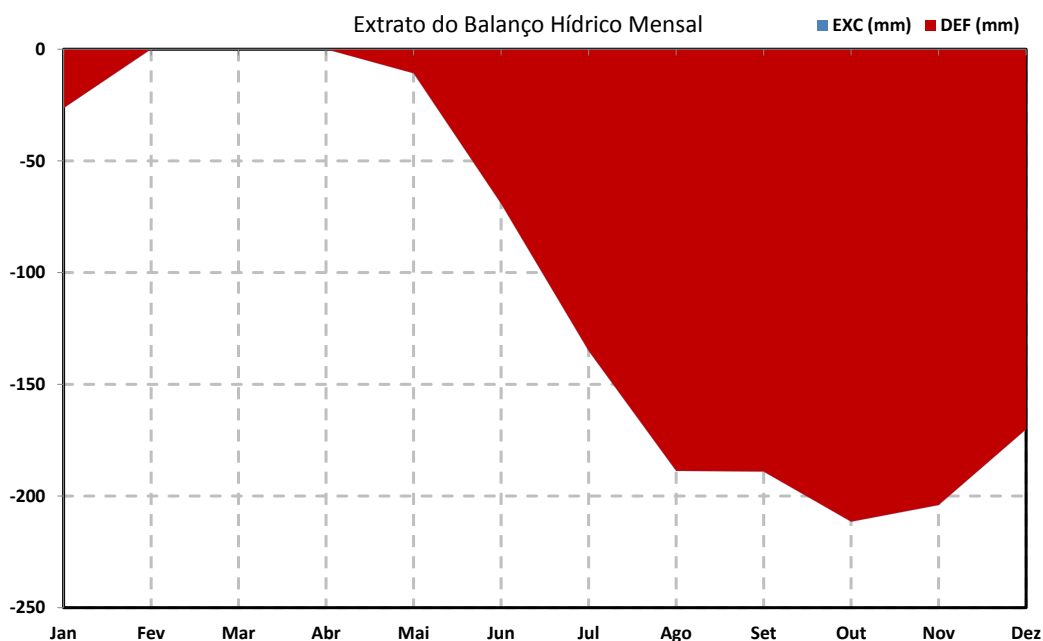


Figura 6 – Extrato do balanço hídrico mensal, cenário B2 (aumento de 1,5°C na temperatura e redução em 20% na precipitação)

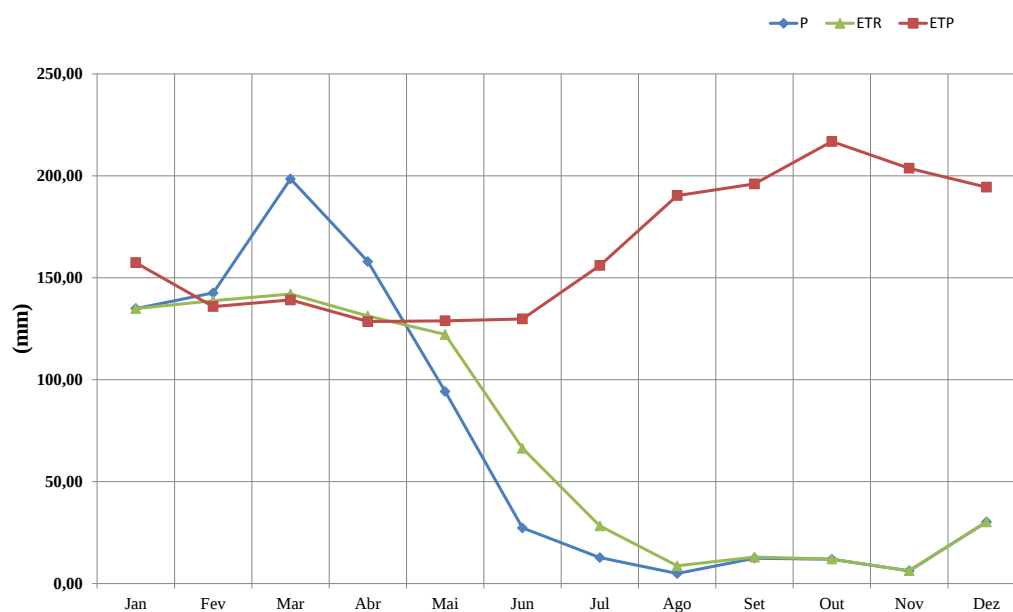


Figura 7 - Variação dos dados mensais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), cenário B2 (aumento de 1,5°C na temperatura e redução em 20% na precipitação)

Nas previsões de mudanças climáticas no cenário A2 (aumento de 3,0°C e 20% na precipitação), a evapotranspiração potencial foi de 2048,3 mm e média mensal de 170,7 mm. O déficit hídrico ocorre em sete meses, com total de 1074,4 mm e redução em relação ao cenário atual em 9,0 mm (Tabela 4). O excedente hídrico ocorre de fevereiro a março, com total de 276,6 mm, aumento de 266,2 mm em relação ao cenário atual (Figuras 8 e 9).

Tabela 4 – Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955), para o cenário A2 (aumento de 3,0°C na temperatura + 20% na precipitação)

Mês	Tm (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	Neg-Acum	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	31,2	202,32	162,83	39,5	-92,9	39,5	39,5	162,8	0,0	0,0
Fev	30,4	213,86	140,76	73,1	0,0	100,0	60,5	140,8	0,0	12,6
Mar	30,0	297,76	144,26	153,5	0,0	100,0	0,0	144,3	0,0	153,5
Abr	29,7	236,93	133,54	103,4	0,0	100,0	0,0	133,5	0,0	103,4
Mai	29,2	141,30	134,20	7,1	0,0	100,0	0,0	134,2	0,0	7,1
Jun	28,8	40,85	135,13	-94,3	-94,3	39,0	-61,0	101,9	33,2	0,0
Jul	29,2	19,02	162,17	-143,2	-237,4	9,3	-29,6	48,7	113,5	0,0
Ago	30,3	7,33	197,28	-189,9	-427,4	1,4	-7,9	15,2	182,0	0,0
Set	31,3	18,58	202,72	-184,1	-611,5	0,2	-1,2	19,7	183,0	0,0
Out	32,3	17,88	224,06	-206,2	-817,7	0,0	-0,2	18,1	206,0	0,0
Nov	32,4	9,34	210,46	-201,1	-1018,8	0,0	0,0	9,4	201,1	0,0
Dez	32,3	45,30	200,86	-155,6	-1174,4	0,0	0,0	45,3	155,6	0,0
Total	-	1250,5	2048,3	-797,8	-4474,4	489,4	0,0	973,9	1074,4	276,6

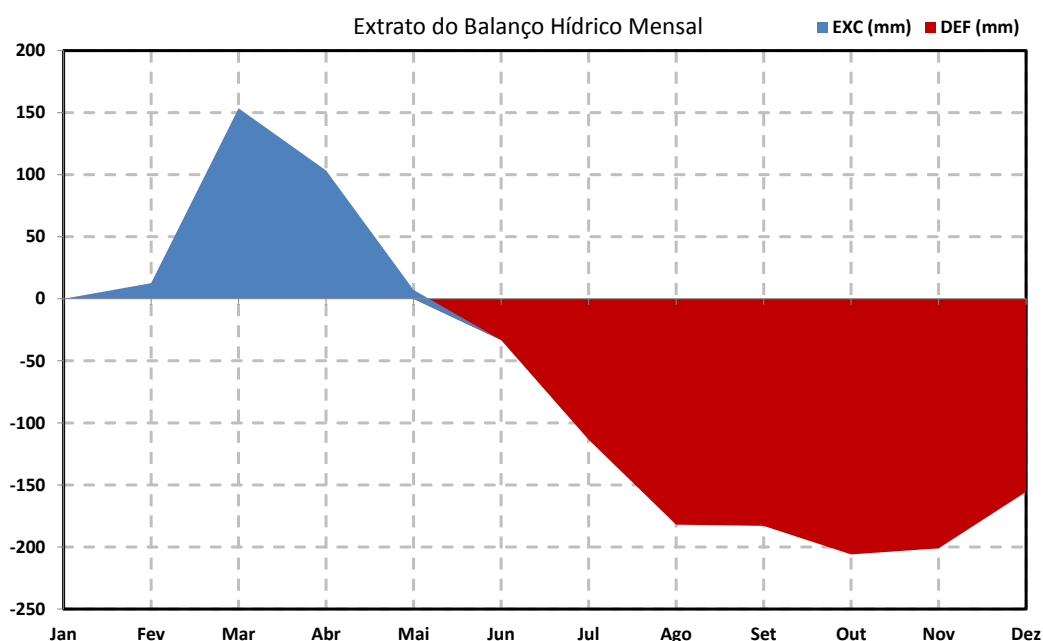


Figura 8 – Extrato do balanço hídrico mensal, cenário A2 (aumento de 3,0°C na temperatura e 20% na precipitação)

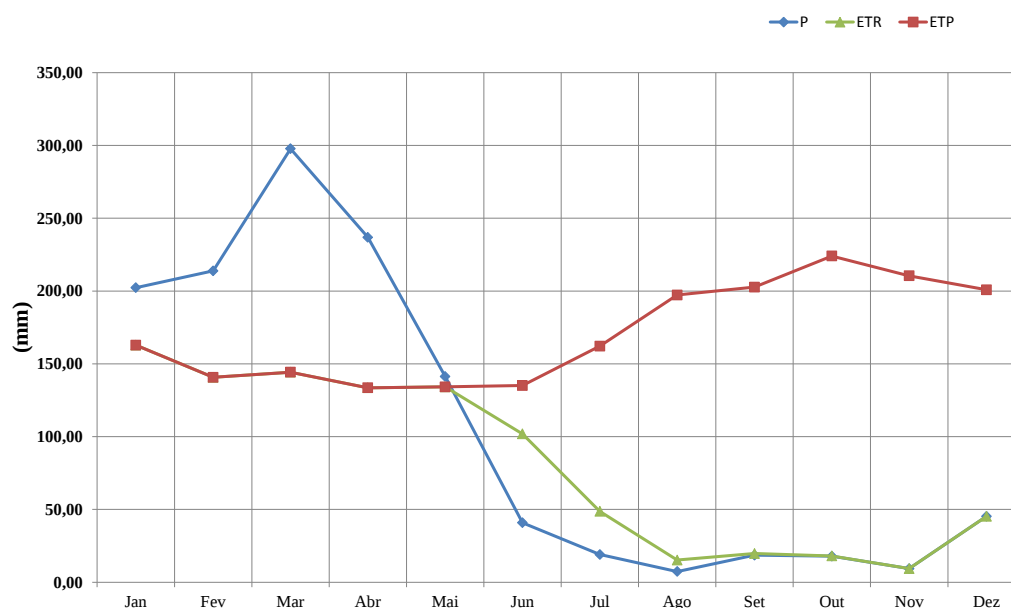


Figura 9 - Variação dos dados mensais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), cenário A2 (aumento de 3,0°C na temperatura e 20% na precipitação)

Para o cenário de aumento de 3,0°C na temperatura e redução de 20% na precipitação, o déficit hídrico foi de 1214,6 mm, com aumento de 131,2 mm (12,1%) em relação ao cenário atual (Tabela 5) e (Figuras 10 e 11). Assim como no cenário B2, com aumento de 1,5°C na temperatura e redução em 20% na precipitação, o cenário A2 (aumento de 3,0°C na temperatura e redução em 20% na precipitação) também não apresenta excedente hídrico em nenhum mês, sendo enfatizado mais uma vez a importância do uso da irrigação no município de Iguatu – CE.

Tabela 5 – Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather (1955), para o cenário A2 (aumento de 3,0°C na temperatura e redução em 20% na precipitação)

Mês	Tm (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	Neg-Acum	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	31,2	134,88	162,83	-28,0	-1316,8	0,0	0,0	134,9	28,0	0,0
Fev	30,4	142,58	140,76	1,8	-401,1	1,8	1,8	140,8	0,0	0,0
Mar	30,0	198,50	144,26	54,2	-57,9	56,1	54,2	144,3	0,0	0,0
Abr	29,7	157,95	133,54	24,4	-21,7	80,5	24,4	133,5	0,0	0,0
Mai	29,2	94,20	134,20	-40,0	-61,7	53,9	-26,5	120,7	13,5	0,0
Jun	28,8	27,23	135,13	-107,9	-169,6	18,3	-35,6	62,8	72,3	0,0
Jul	29,2	12,68	162,17	-149,5	-319,1	4,1	-14,2	26,9	135,3	0,0
Ago	30,3	4,89	197,28	-192,4	-511,5	0,6	-3,5	8,4	188,9	0,0
Set	31,3	12,38	202,72	-190,3	-701,8	0,1	-0,5	12,9	189,8	0,0
Out	32,3	11,92	224,06	-212,1	-914,0	0,0	-0,1	12,0	212,1	0,0
Nov	32,4	6,22	210,46	-204,2	-1118,2	0,0	0,0	6,2	204,2	0,0
Dez	32,3	30,20	200,86	-170,7	-1288,9	0,0	0,0	30,2	170,7	0,0

Total	-	833,6	2048,3	-1214,6	-6882,4	215,4	0,0	833,6	1214,6	0,0
-------	---	-------	--------	---------	---------	-------	-----	-------	--------	-----

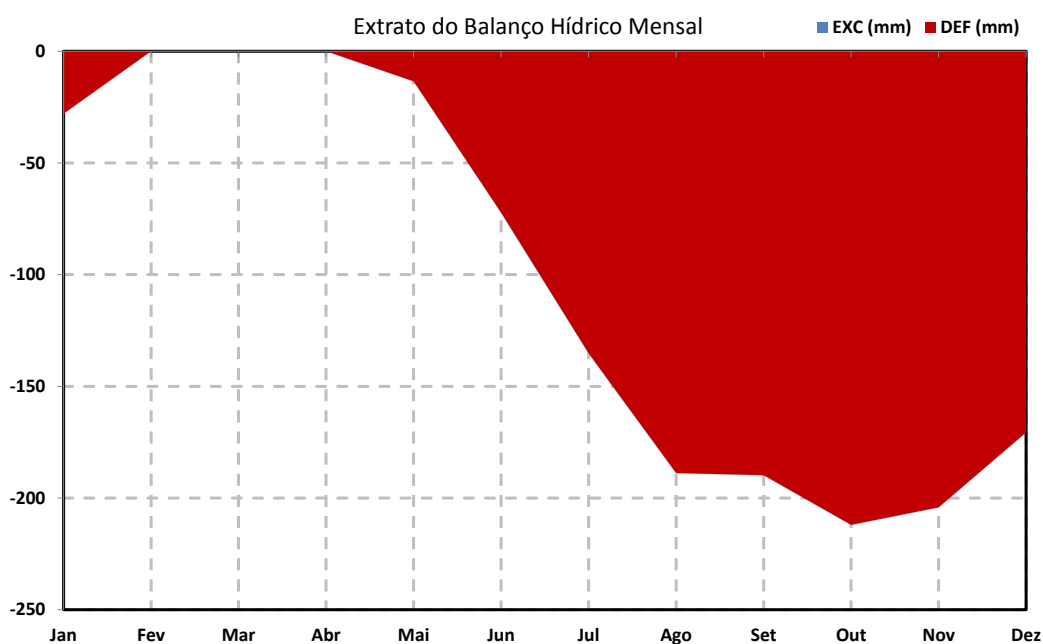


Figura 10 – Extrato do balanço hídrico mensal, cenário A2 (aumento de 3,0°C na temperatura e redução em 20% na precipitação)

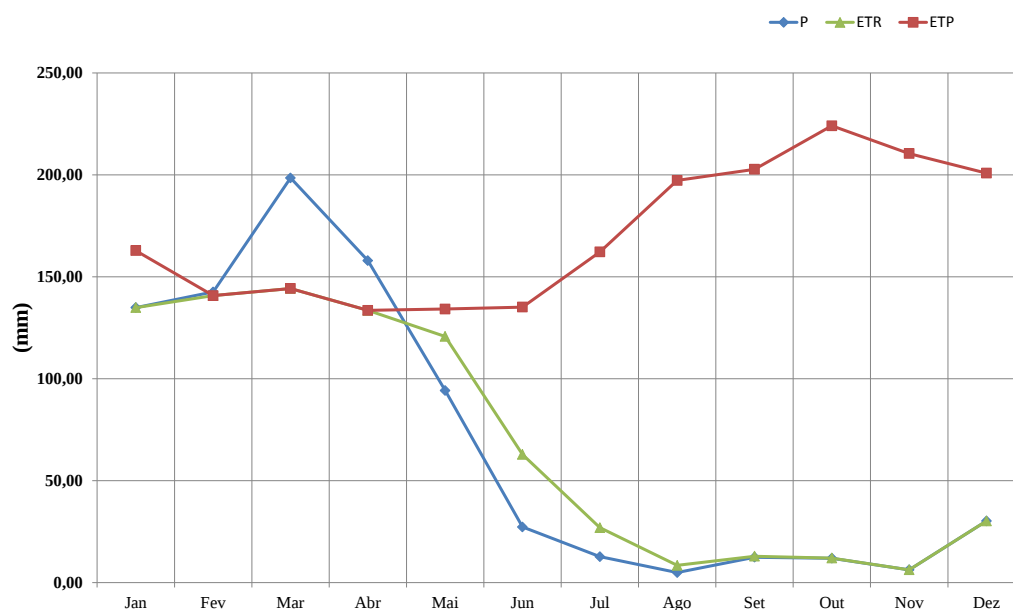


Figura 11 - Variação dos dados mensais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), cenário A2 (aumento de 3,0°C na temperatura e redução em 20% na precipitação)

CONCLUSÕES

O programa “Balanço Hídrico” desenvolvido possibilitou a determinação do balanço hídrico de maneira rápida e confiável.

Os cenários B2 e A2 (aumento de 1,5 e 3,0°C na temperatura e 20% na precipitação) não comprometem o balanço hídrico no município de Iguatu – CE, enquanto que o cenário (aumento de 1,5 e 3,0°C na temperatura e redução em 20% na precipitação) ocasionou déficit hídrico durante todo período.

BIBLIOGRAFIA

- ABREU, J. P. M.; PEREIRA, L. S. (2008). *“Impactes e vulnerabilidade da agricultura resultantes das alterações climáticas”*. Portugal. 134p.
- CASAGRANDE, F.; CORTIVO, F. D.; CASAGRANDE, L.; FREITAS, R. A.; FERREIRA, A. (2010). *“Balanço Hídrico climatológico em dois cenários do Nordeste Brasileiro”* in XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém, Set. 2010.
- CORREA, W. S. C.; SIMÕES, A. S.; MARCHIORO, E. (2011) *“Análise do balanço hídrico e da precipitação do município de Vitória (ES) no cenário climático atual: Parte I”* in Anais do IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa, Out.2011.
- COUTINHO, M. D. L.; BRITO, J. I. B.; MENDES, D. (2011). *“Armazenamento de água no solo sob cenários de mudanças climáticas na Paraíba e Rio Grande do Norte”* in Anais do IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa, Out.2011.
- GOUBESVILLE, P. (2008). *“Challenges for integrated water resources management”*. Phys. Chem. Earth, v. 33, pp. 284-289.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, A.; NOBRE, C.; TOMASELLA, J.; CARDOSO, M.; OYAMA, M. (2008a). *“Hydro-climatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005”*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biolog. Scien, v. 21, pp. 1-6.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M.; SAMPAIO, G.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M. (2008b). *“The drought of Amazonia in 2005”*. Journal of Climate, v. 21, pp. 495-516.
- OLIVEIRA, E. C.; ALVES, M. E. B.; NEVES, L. O.; SILVA, M. A. V.; GONÇALVES, P. H. L.; RODRIGUES, R. A.; LINDEMANN, D.; JUSTINO, F. B. (2011). *“Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros em Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais”* in Anais do IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa, Out.2011.
- PAULA, R. K.; BRITO, J. I. B.; MARIANO, E. B. (2011). *“Análise do excedente hídrico em vista às mudanças no clima no Estado do Ceará”* in Anais do IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa, Out.2011.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. (1997). *“Evapo(transpi)ração”*. 1. ed. PIRACICABA: FEALQ/USP, v. 1. 183p.
- SARAIVA, K. R.; SOUZA, F. (2012) *“O efeito das mudanças climáticas nas necessidades hídricas do feijão-caupi no Curu-Pentecoste utilizando o modelo “ISAREG””*. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 6, pp. 8-13.

SILVA, M. A. V.; OLIVEIRA, E. C.; RODRIGUES, R. A.; BARBOSA, F. J. (2009). “*Balanço hídrico climático para a Mesorregião Norte de Minas Gerais utilizando o cenário B1 do ECHAM5-OM*” in Anais do XIX Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem, Montes Claros, Ago/Set. 2009.

SOUSA, E. L.; LIMA, F. W. B.; MACIEL, G. F.; SOUSA, J. P.; PICANÇO, A. P. (2010). “*Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite para a cidade de Palmas-TO*” in Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém, Set. 2010.

TEIXEIRA, A. H. C.; FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, C. A. C. (2011). “*Condições hídricas do Estado da Paraíba sob diferentes cenários do tempo*” in Anais do IV Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa, Out.2011.