



EMBRAPA

Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
BR-428 - Km 152
Rodovia Petrolina/Lagoa Grande
Fone: (081) 961 - 0122 *
Telex (081) 1878
Cx. Postal, 23
56.300 - PETROLINA - PE

ISSN 0100-6061

COMUNICADO TÉCNICO

Nº 34, junho/89, p.1-18

BALANÇO HÍDRICO SEGUNDO THORNTHWAITE & MATHER (1955)

Malaquias da Silva Amorim Neto¹

DEFINIÇÃO

O balanço hídrico é definido como uma contabilidade de entrada e saída de água do solo. A entrada de água é representada pela precipitação ou irrigação e a saída pela evapotranspiração potencial.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O conhecimento das disponibilidades hídricas de uma região é de significativa importância para a produção agropecuária. As regiões semi-árida e árida devido as suas peculiaridades edafoclimáticas, com solos de baixa capacidade de armazenamento de água e irregularidades acentuadas na distribuição de sua precipitação, necessitam de uma avaliação acurada do seu potencial hídrico. O método que melhor se adequa para quantificar este potencial é o do balanço hídrico, porque nele interagem os efeitos edáficos através do conhecimento do armazenamento de água que é uma função das características físicas do solo e o climático através da precipitação e evapotranspiração potencial.

APLICABILIDADE E ALTERNATIVA DE USO

O balanço hídrico é uma ferramenta indispensável em distintas áreas de estudos. Na "meteorologia agrícola" é aplicado na avaliação e delimitação dos potenciais hídricos regionais; na "irrigação", para determinação dos períodos com excesso ou escassez de água e para quantificação, principalmente das deficiências hídricas de uma região; na "hidrologia" nos estudos de bacias hidrográficas e na quantificação das disponibilidades hídricas para confecção de reservatórios para armazenamento d'água.

De acordo com a aplicabilidade o balanço hídrico pode ser calculado para períodos diários, pênadas, décadas, mensais e anual. No caso do balanço hídrico anual ele pode referir-se a um ano específico, utilizando

¹ Meteorologista, M.Sc., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

CT/34, CPATSA, jun/89, p.2

os dados de precipitação e evapotranspiração potencial deste ano em particular ou com base numa série de anos onde considera-se os valores médios de tais parâmetros. Esta diferenciação é função do tipo de estudo a ser executado.

DESCRIÇÃO

O procedimento para a execução do balanço hídrico obedece as seguintes etapas:

1. Precipitação total mensal (P) - para o balanço hídrico de um determinado ano, usa-se a precipitação total mensal (FIG. 1). Enquanto no balanço hídrico para uma série de anos, determina-se a precipitação média mensal do período considerado (FIG. 2, 3 e 4). Esta coluna informa a disponibilidade hídrica mensal para a planta no período estudado.
2. Evapotranspiração potencial (ETP) mensal - obtida em evapotranspirômetros ou estimada através de fórmulas empíricas. Correspondente ao estado no qual a planta encontra-se em pleno crescimento vegetativo com ótimas condições de umidade no solo, não havendo limitações hídricas para o seu crescimento.
3. Diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial (P-ETP) - essa diferença indica quando a planta tem as suas exigências hídricas plenamente satisfeitas (P-ETP > 0) e há excesso d'água ou quando há deficiências hídricas (P-ETP < 0) que prejudicam o seu desenvolvimento potencial.
4. A negativa acumulada (NEG. ACUM.) - corresponde ao somatório dos valores de P-ETP < 0. Esta coluna deve ser preenchida simultaneamente com a do armazenamento (ARM), porque quando existirem valores de P-ETP > 0, somam-se estes ao do ARM e encontra-se na tabela de retenção de umidade, o valor correspondente a NEG.ACUM. O preenchimento desta coluna deve ser iniciado a partir do primeiro mês que apresente P-ETP < 0 após o período chuvoso, quando este existir (P > ETP), ou quando a diferença P-ETP for mínima.
5. Armazenamento (ARM) - representa a quantidade de água que o solo comporta na sua profundidade efetiva ou no caso da planta, na profundidade equivalente a 80% do comprimento do seu sistema radicular. Este parâmetro é também denominado de Água Disponível (AD) ou Capacidade de Água Disponível (CAD). É obtido em função das características físicas do solo através da expressão:

$$ARM = \frac{CC - PMP}{100} \times dxh, \text{ onde os termos significam:}$$

CT/34, CPATSA, jun/89, p.3

ARM = armazenamento (mm);

CC = capacidade de campo (%);

PMP = ponto de murcha permanente (%);

da = densidade aparente (g/cm^3);

h = profundidade efetiva do solo ou equivalente a 80% do comprimento do sistema radicular da planta (cm).

Com o valor obtido para ARM entra-se na coluna no último mês em que $P-ETP > 0$, porque supõe-se que o solo esteja com sua capacidade de retenção de umidade completamente satisfeita. No entanto, tem que se verificar o somatório de $P-ETP > 0$ é suficiente para completar a capacidade de armazenamento do solo. Caso não seja obtém-se o valor do ARM no solo a partir do primeiro valor de NEG.ACUM. após $P-ETP > 0$. Nos casos em que $P-ETP < 0$ durante todo o período a coluna ARM será sempre igual a zero.

Os valores do ARM obtidos em função da NEG.ACUM. são encontrados em tabelas apropriadas de retenção de umidade para diferentes capacidades de armazenamento (TAB. 1, 2, 3 e 4).

6. Alteração (ALT) - representa os ganhos (valores positivos) e perdas de água (valores negativos) do solo em função das alterações do armazenamento.

7. Evapotranspiração Real (ETR) - é obtida em dois casos distintos:

a) Quando a $P \geq ETP$, a evapotranspiração real é igual a evapotranspiração potencial ($ETR = ETP$).

b) Quando a $P < ETP$, a evapotranspiração real é igual a soma da precipitação mais o valor absoluto da alteração negativa ($ETR = P + |ALT|$).

Nos casos em que a alteração é positiva, a evapotranspiração real passa a ser igual a precipitação menos a alteração ($ETR = P - ALT$).

8. Déficit hídrico (DEF) - é dado pela diferença entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real ($DEF = ETP - ETR$).

9. Excesso hídrico (EXC) - ocorre nos casos em que a precipitação é maior do que a evapotranspiração potencial. É obtido através da relação $EXC = (P - ETP > 0) - ALT$.

Após o preenchimento da tabela do balanço hídrico deve-se verificar se o mesmo está correto, através das seguintes relações:

$$1. \sum ALT = 0$$

$$2. \sum ETP = \sum ETR + \sum DEF$$

$$3. \sum P = \sum ETR + \sum EXC$$

CT/34, CPATSA, jun/89, p.4

10. Elaboração do gráfico do balanço hídrico - para elaboração deste gráfico plotam-se mês a mês os valores da precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR).
11. Interpretação do gráfico do balanço hídrico - para interpretação gráfica do balanço hídrico observa-se as seguintes situações:
 - a) Zona de déficit hídrico - é a área do gráfico compreendida entre a isolinha da ETP, superior as isolinhas de P e ETR;
 - b) Zona de excesso hídrico - é a área do gráfico compreendido entre a isolinha de P, superior a isolinha da ETP;
 - c) Zona de retirada de água do solo - é a área compreendida entre a isolinha de ETR, superior a isolinha de P;
 - d) Zona de reposição de água no solo - é a área compreendida entre as isolinhas de P, ETP e ETR.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 estão tabulados os dados e confeccionados os gráficos referentes aos balanços hídricos de situações distintas.

As informações para confecção dos balanços são dadas a seguir:

- . A Figura 1 refere-se ao balanço hídrico do Campo Experimental de Bebedouro do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), no município de Petrolina, PE. Este exemplo caracteriza o balanço hídrico de um ano específico, no caso de 1983, em que são usados o total mensal de precipitação coletado e a evapotranspiração potencial mensal estimada. O solo da estação é classificado como Latossolo e de acordo com suas características físicas o armazenamento a profundidade de 122cm é de 150mm.
- . As Figuras 2, 3 e 4 referem-se ao balanço hídrico dos municípios de Casa Nova, BA, Sobral e Crato, CE. As informações de precipitação e evapotranspiração potencial são do período considerado normal e foram obtidas do capítulo "Precipitação e Evapotranspiração potencial mensal de alguns municípios do Nordeste brasileiro". Os solos destes municípios são classificados como Latossolo Distrófico, Aluvial Entrófico e Bruno não Cálculo, respectivamente. De acordo com suas características físicas o armazenamento às profundidades de 150, 120 e 90cm respectivamente são de 75, 100 e 150mm.

CT/34, CPATSA, jun/89, p.5

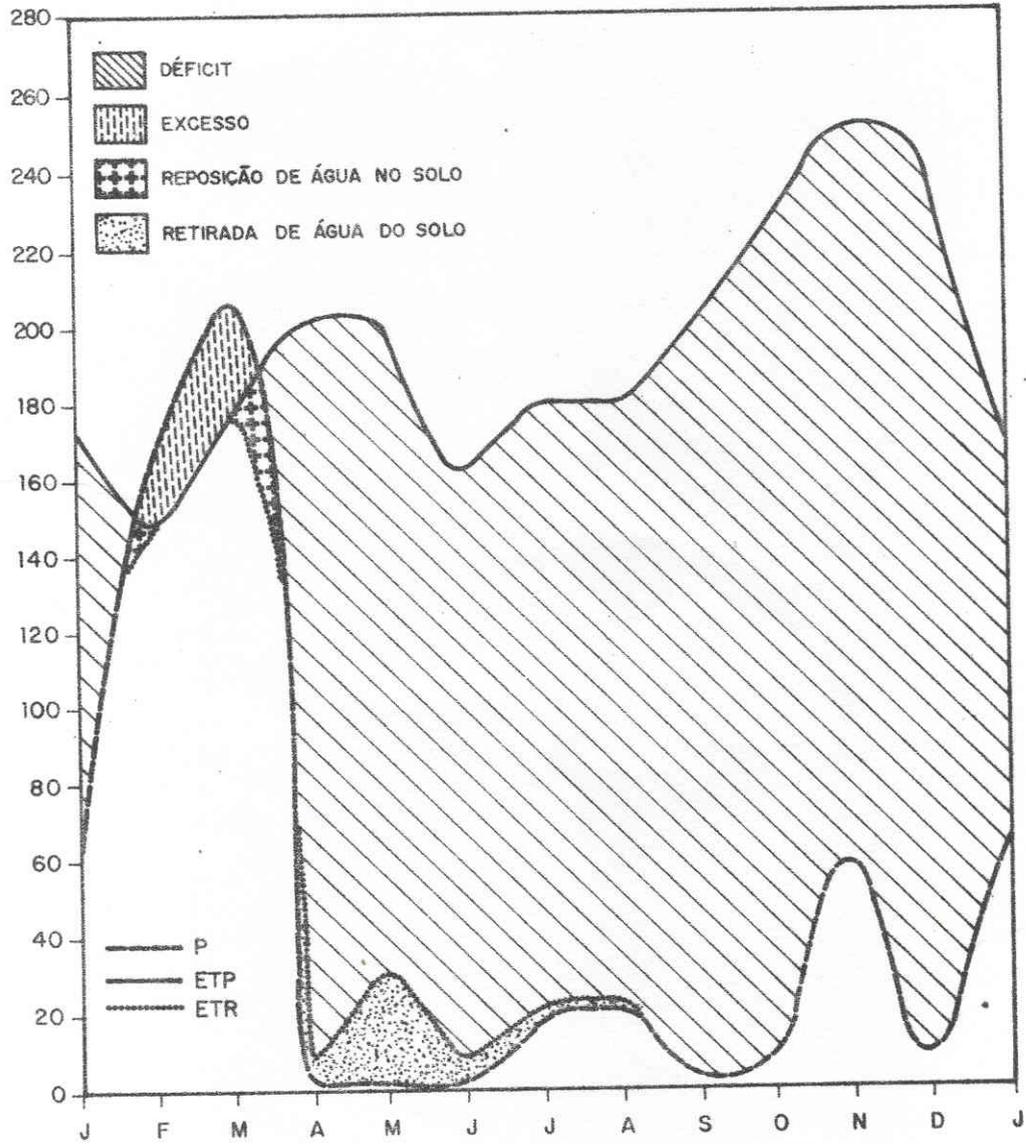


FIG. 1- Balanço Hídrico de Bebedouro-PE.

CT/34, CPATSA, jun/89, p.6

Anexo da Figura 1

BALANÇO HÍDRICO SEG. THORNTHWAITE

LOCAL: BEBEDOURO LAT: 09° 09' S
 LONG: 40° 22' W ALT: 365,5 m
 ARM: 150 mm ANO: 1983

MESES	P mm	ETP mm	P-ETP mm	NEG. ocum.	ARM. mm	ALT. mm	ETR mm	DEF. mm	EXC. mm
JAN	60	174	-114	1847	0	0	60	114	0
FEV	166	148	18	316	18	18	148	0	0
MAR	205	177	28	175	46	28	177	0	0
ABR	1	201	-200	200	39	-7	8	193	0
MAI	0	201	-201	401	10	-29	29	172	0
JUN	0	162	-162	563	3	-7	7	155	0
JUL	18	180	-162	725	1	-2	20	160	0
AGO	20	180	-160	885	0	-1	21	159	0
SET	0	201	-201	1086	0	0	0	201	0
OUT	5	223	-218	1304	0	0	5	218	0
NOV	58	252	-194	1498	0	0	58	194	0
DEZ	7	242	-235	1733	0	0	7	235	0
ANO	540	2341	-1801	-	0	0	540	1801	0

CT/34, CPATSA, jun/89, p.7

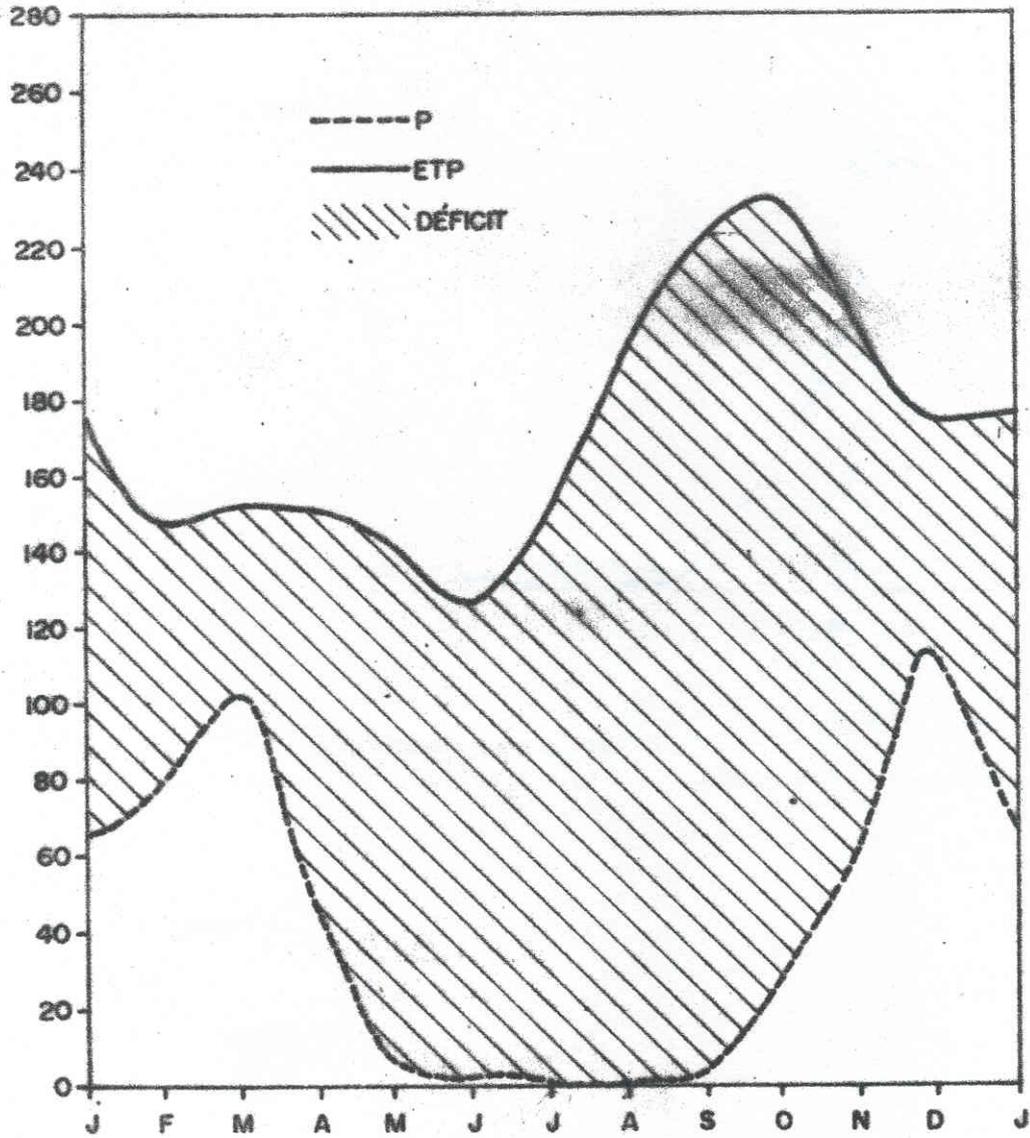


FIG. 2- Balanço Hídrico de Casa Nova-BA.

CT/34, CPATSA, jun/89, p.8

Anexo da Figura 2

BALANÇO HÍDRICO SEG. THORNTHWAITTE

LOCAL: CASA NOVA-BA LAT.: 09° 24' S
 LONG.: 41° 08' W ALT.: 380 m
 ARM.: 75 mm ANO: NORMAL

MESES	P mm	ÉTP mm	P-ETP mm	NEG. OCUM.	ARM. mm	ALT. mm	ETR mm	DEF. mm	EXC. mm
JAN	67	177	-110	1498	0	0	67	110	0
FEV	78	148	-70	1568	0	0	78	70	0
MAR	102	154	-52	52	0	0	102	52	0
ABR	46	152	-106	158	0	0	46	106	0
MAI	7	142	-135	293	0	0	7	135	0
JUN	3	128	-125	418	0	0	3	125	0
JUL	1	149	-148	566	0	0	1	148	0
AGO	1	191	-190	756	0	0	1	190	0
SET	3	221	-218	974	0	0	3	218	0
OUT	25	234	-209	1183	0	0	25	209	0
NOV	59	203	-144	1327	0	0	59	144	0
DEZ	115	176	-61	1388	0	0	115	61	0
ANO	507	2075	-1568	-	0	0	507	1568	0

CT/34, CPATSA, jun/89, p.9

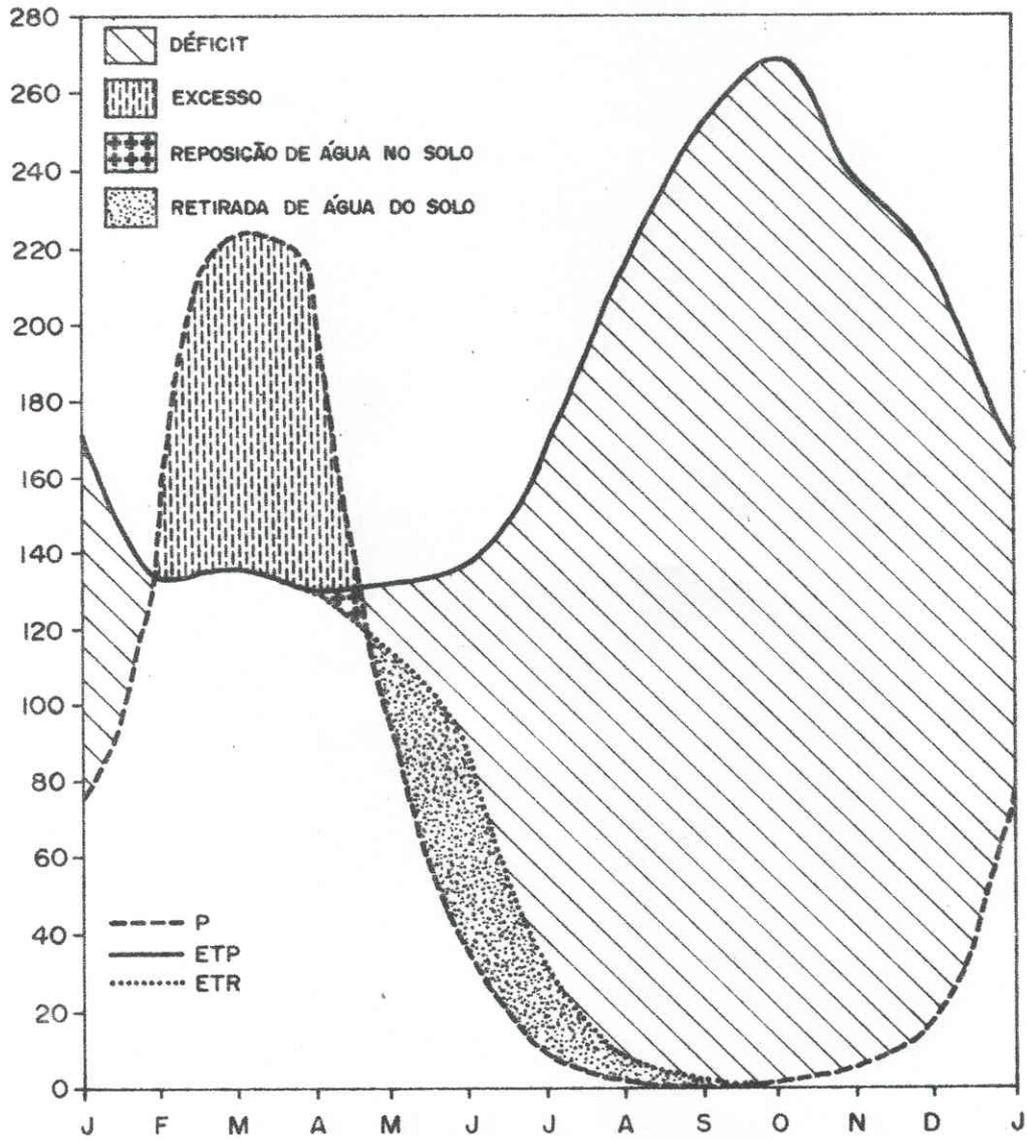


FIG. 3- Balanço Hídrico de Sobral-CE.

CT/34, CPATSA, jun/89, p.10

Anexo da Figura 3

BALANÇO HÍDRICO SEG. THORNTHWAITE

LOCAL: SOBRAL-CE LAT: 03° 42' S
 LONG: 40° 21' W ALT: 75 m
 ARM: 100 mm ANO: NORMAL

MESES	P mm	ETP mm	P-ETP mm	NEG. cum.	ARM. mm	ALT. mm	ETR mm	DEF mm	EXC. mm
JAN	76	173	-97	1546	0	0	76	97	0
FEV	139	134	5	285	5	5	134	0	0
MAR	225	138	87	8	92	87	138	0	0
ABR	216	130	86	0	100	8	130	0	78
MAI	105	134	-29	29	74	-26	131	3	0
JUN	38	137	-99	128	27	-47	85	52	0
JUL	8	161	-153	281	6	-21	29	132	0
AGO	2	213	-211	492	1	-5	-7	206	0
SET	1	249	-248	740	0	-1	2	247	0
OUT	3	270	-267	1007	0	0	3	267	0
NOV	6	240	-234	1241	0	0	6	234	0
DEZ	13	221	-208	1449	0	0	13	208	0
ANO	832	2200	-1368	-	-	0	754	1446	78

CT/34, CPATSA, jun/89, p.11

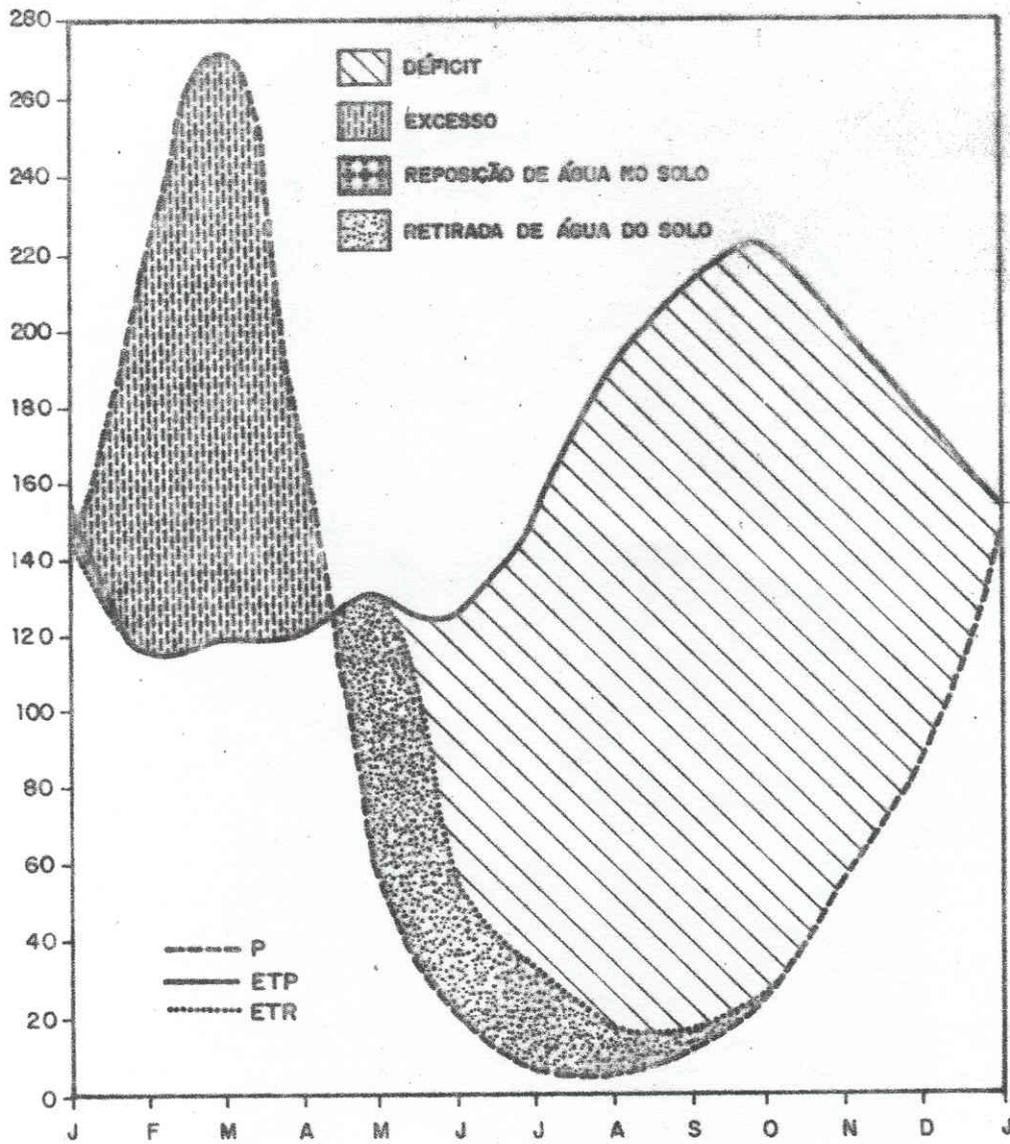


FIG. 4- Balanço Hídrico do Crato-CE;

CT/34, CPATSA, jun/89, p.12

Anexo da Figura 4

BALANÇO HÍDRICO SEG. THORNTHWAITTE

LOCAL: CRATO-CE LAT: 07° 13'S
 LONG: 39° 23'W ALT: 421 m
 ARM: 150 mm ANO: NORMAL

MESES	P mm	ETP mm	P-ETP mm	NEG. cum.	ARM. mm	ALT. mm	ETR mm	DEF. mm	EXC. mm
JAN	148	156	-8	1160	0	0	148	8	0
FEV	216	117	99	61	99	99	117	0	0
MAR	275	120	155	0	150	51	120	0	104
ABR	158	120	38	0	150	0	120	0	38
MAI	60	134	-74	74	90	-60	120	0	0
JUN	23	126	-103	177	45	-45	68	72	0
JUL	8	146	-138	315	18	-27	35	111	0
AGO	5	189	-184	499	5	-13	18	171	0
SET	12	211	-199	698	1	-4	16	195	0
OUT	21	225	-204	902	0	-1	22	203	0
NOV	56	205	-149	1051	0	0	56	149	0
DEZ	82	183	-101	1152	0	0	82	101	0
ANO	1064	1932	-868	-x-		0	922	1010	142

CT/34, CPATSA, jun/89, p.14

TABELA 1
(CONTINUAÇÃO)

NEG. ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ÁGUA RETIDA NO SOLO									
300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
310	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
320	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
330	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
340	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
350	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
360	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

TABELA 2
ÁGUA RETIDA NO SOLO PARA DIFERENTES VALORES DE NEG. ACUM.
ARM. DO SOLO = 100mm

NEG. ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ÁGUA RETIDA NO SOLO									
0	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91
10	90	89	88	88	87	86	85	84	83	82
20	81	81	80	79	78	77	77	76	75	74
30	74	73	72	71	70	70	69	68	68	67
40	66	66	65	64	64	63	62	62	61	60
50	60	59	59	58	58	57	56	56	55	54
60	54	53	53	52	52	51	51	50	50	49
70	49	48	48	47	47	46	46	45	45	44
80	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40
90	40	39	39	38	38	38	37	37	36	36
100	36	35	35	35	34	34	34	33	33	33
110	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30
120	29	29	29	28	28	28	27	27	27	27
130	26	26	26	26	25	25	25	24	24	24
140	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22
150	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20
160	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
170	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16
180	16	16	15	15	15	15	15	15	14	14
190	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13

TABELA 3

ÁGUA RETIDA NO SOLO PARA DIFERENTES VALORES DE NEG. ACUM.

ARM. DO SOLO = 150mm

NEG. ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ÁGUA RETIDA NO SOLO									
0	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141
10	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131
20	131	130	129	128	127	127	126	125	124	123
30	122	122	121	120	119	118	117	115	115	114
40	114	113	113	112	111	111	110	109	108	107
50	107	106	106	105	104	103	103	102	101	100
60	100	99	98	97	97	97	96	95	94	93
70	93	92	92	91	90	90	89	89	88	87
80	87	86	86	85	84	84	84	83	83	82
90	82	81	81	80	79	79	78	77	77	76
100	76	76	75	75	74	74	73	72	72	71
110	71	71	70	70	69	69	68	68	67	67
120	66	66	66	65	65	64	64	63	63	62
130	62	62	61	61	60	60	60	59	59	58
140	58	58	57	57	56	56	55	55	54	54
150	54	53	53	53	52	52	52	52	51	51
160	51	51	50	50	50	49	49	48	48	47
170	47	47	47	46	46	46	45	45	45	44
180	44	44	44	43	43	43	42	42	42	41
190	41	41	41	40	40	40	40	39	39	39
200	39	38	38	38	37	37	37	37	36	36
210	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34
220	34	34	33	33	33	33	33	32	32	32
230	32	31	31	31	31	31	30	30	30	30
240	30	29	29	29	29	29	28	28	28	28
250	28	27	27	27	27	27	26	26	26	26
260	26	26	25	25	25	25	25	24	24	24
270	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23
280	22	22	22	22	22	22	22	22	21	21
290	21	21	21	20	20	20	20	20	20	20
300	20	19	19	19	19	19	19	19	18	18
310	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17
320	17	17	17	17	17	17	17	16	16	16
330	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15
340	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14

CT/34, CPATSA, jun/89, p.18

TABELA 3
(CONTINUAÇÃO)

NEG. ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ÁGUA RETIDA NO SOLO									
700	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
710	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
720	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
730	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
740	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	* * * * *									
	0	5			0	5			0	5
750	1	1		790	1	1		830	1	1
760	1	1		800	1	1		840	1	1
770	1	1		810	1	1				
780	1	1		820	1	1				

Tiragem: 1000 exemplares
Impressão: CPATSA
Petrolina, 1989

MSAG/mmlns.