

UTILIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PA
RA ESTUDOS AGROCLIMÁTICOS*.

Utilization of the Elements of the Sequential Hydrologic
Balance for Agroclimatic Studies.

Galileo A. Buriol**, Geraldo Fontana*** e Mario Ferreira****

RESUMO

Calculou-se, para Santa Maria, RS, Brasil, o balanço hídrico pe
lo sistema de THORNTHWAITE e MATHER (25), porém em forma seriada se
gundo PASCALE (20), utilizando-se os dados meteorológicos de 54
anos consecutivos de observações, período 1913/1966.

Considerando as diferentes profundidades das raízes e os distin
tos estágios de crescimento dos cultivos, calculou-se o balanço hí
drico seriado para as lâminas de solo de 1,06 m e 0,44 m de profun
didade, correspondendo a uma retenção máxima de água do solo de 200
e 75 mm respectivamente.

Constatou-se que o balanço hídrico seriado revela particularida
des de grande importância agroclimática quanto ao armazenamento de
água do solo, à evapotranspiração real, ao excesso e à deficiência
de água do solo e que não são observadas no balanço hídrico climá
tico, construindo-se, desta forma, tabelas de probabilidades e rea
lizando-se uma análise estatística de cada elemento do balanço.

SUMMARY

The hidrologic balance was calculated for Santa Maria, RS, Bra
zil, utilizing meteorological data for 54 consecutive years, 1913/
1966, accordins to the method of THORNTHWAITE and MATHER (25) with
the sequential modification of PASCALE (20).

Considering the different root depths and different stages of
growth of various crop plants, the hidrologic balance was determi
ned for soil depths of 1,06 m to 0,44 m wich corresponds to a maxi
mum soil water retention of 200 and 75 mm, respectively.

It was shown that the sequential hidrologic balance reveals de
tails of considerable agroclimatic importance regarding storage of
soil water, the actual evapotranspiration and excesses and deficien

* Trabalho realizado sob orientação do Prof. Titular em Clima
tologia e Fenologia Agrícolas da Faculdade Agronomia da Univer
sidade de Buenos Aires, Argentina, Engº Agrº Antonio J. Pascale

** Prof. Assistente do Deptº de Fitotecnia - UFSM.

*** Auxiliar de Ensino do Deptº de Fitotecnia - UFSM

**** Prof. Adj. do Depatº de Fitotecnia - UFSM

cies of soil water that are not demonstrated by the climatic hydrologic balance. Probability tables were constructed which give a statistical analysis of each element of the balance.

INTRODUÇÃO

Quando se quer conhecer a aptidão agroclimática de uma área de superfície reduzida, o balanço hídrico realizado com valores meteorológicos normais mensais carece de sentido prático e representativo. Tais dados refletem as condições médias e não as mais frequentes na região, pois trabalha-se com valores normais de precipitação, fenômeno sabidamente descontínuo.

Seria conveniente quantificar a disponibilidade de água no solo determinando a sua flutuação no tempo e no espaço. Para isto é necessário utilizar um método que permita analisar este parâmetro em forma contínua. Poderia empregar-se, como na Central Experimental Farm, Ottawa (Canadá), a determinação diária de umidade de solo (2) ou o método de BAIER e ROBERTSON (3), mas surge o inconveniente da falta de dados de observações contínuas de umidade, ou o conhecimento das propriedades físicas e hidrológicas dos diferentes tipos de solo, ou ainda a forma de extração de água por parte dos cultivos.

Para contornar o inconveniente de trabalhar com valores normais pode-se utilizar o sistema de THORNTHWAITTE e MATHER (25), mas em forma seriada, segundo proposto e realizado por PASCALE (21). Este último autor propõe calcular-se o balanço hídrico para cada ano individualmente, não o interrompendo no mês de dezembro, mas continuando em janeiro do ano seguinte e assim sucessivamente, para um período bastante longo (30 anos como mínimo recomendável). Para cada ano calcula-se o balanço hídrico com os valores mensais de temperatura, evapotranspiração potencial e precipitação, registrados no ano respectivo. Dessa forma pode-se extrair os elementos mensais do balanço hídrico, ano a ano, calcular a frequência e intensidade de suas ocorrências, procedendo-se a uma análise estatística.

Tendo em vista a facilidade de obter os valores meteorológicos necessários à sua realização e também a carência de medidas diretas de alguns elementos do clima que permitissem o emprego de equações mais precisas, utilizou-se o método de THORNTHWAITTE (24) para calcular a evapotranspiração potencial. A análise de várias pesquisas a este respeito recomendam o uso da evapotranspiração potencial calculada pelo método citado (6, 7, 8, 9, 14, 16).

Comparando os valores de evapotranspiração potencial estimados pelos métodos PENMAN e de THORNTHWAITTE, para o Rio Grande do Sul, MOTA et alii (16) constataram que as menores diferenças ocorrem no período de julho a dezembro e as maiores de janeiro a junho. Porém,

os referidos autores afirmaram que as diferenças encontradas não modificam significativamente a determinação da deficiência de água no período estival.

CAMARGO (9) correlacionou os valores de evapotranspiração potencial medidos em três localidades do Estado de São Paulo com os calculados pelas equações de THORNTHWAITE, de PENMAN modificado por BAVEL e de BLANEY & CRIDDLE, encontrando alta correlação entre os valores medidos e calculados. ORTOLANI et alii (14) também encontraram alta correlação entre a evapotranspiração potencial calculada pelas fórmulas de THORNTHWAITE e PENMAN, para Ribeirão Preto, São Paulo.

Para as Províncias de Buenos Aires, Corrientes e Misiones (Argentina), BURGOS (7, 8) aplicou o método de THORNTHWAITE (24) no cálculo da evapotranspiração potencial e, com o auxílio de comparações na prática, considerou-o satisfatório.

Na República Oriental do Uruguai BURGOS e CORSI (6) também empregaram o sistema de THORNTHWAITE (24) para o cálculo da evapotranspiração potencial.

Desta forma, na falta de dados meteorológicos para calcular a evapotranspiração pelo método de PENMAN, mais preciso segundo MOTA et alii (16), conclui-se que, para o sul do Brasil, em estudos de agroclimatologia, o método de THORNTHWAITE (24) pode ser considerado satisfatório.

O estudo que se realiza para um local (Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul) pode executar-se para um região geográfica, bastando para isso possuir os dados meteorológicos de outros pontos da região a ser estudada e as constantes físicas e hidrológicas dos respectivos solos. Tal procedimento possibilita o traçado das isolinhas de frequência mensal de qualquer elemento do balanço hídrico e às profundidades da lâmina do solo que se deseja, caracterizando no tempo a oscilação da água do solo numa região geográfica.

MATERIAL E MÉTODOS

As médias de temperatura, período 1912/1916, foram coletadas nos arquivos dos Serviço Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 89 DISME, Porto Alegre, bem como os valores mensais de precipitação, anos de 1961 a 1966. Os dados mensais de chuva referentes ao período 1912/1960 foram compilados de COMISSÃO ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA (10). Tais valores foram registrados na estação meteorológica de Santa Maria, pertencente ao Serviço Nacional de Meteorologia, cujas coordenadas geográficas são: latitude, 29° 41' S; longitude, 53° 48' W de Gr. e altitude, 138 m.

No cálculo da evapotranspiração potencial empregou-se a fórmula

de THORNTHWAITE (24). O balanço hídrico foi realizado pelo sistema de THORNTHWAITE e MATHER (25), em forma seriada segundo PASCALE (21).

Para o cálculo do balanço hídrico utilizaram-se as tabelas de retenção máxima de água do solo de 200 mm e 75 mm (26), valores calculados partindo das constantes hidrológicas e físicas obtidas do estudo de um perfil de solo "Podzólise Vermelho Amarelo Distrófico", Unidade de Mapeamento São Pedro, textura franco arenosa (18), Tabela 1, encontrado no município de Santa Maria (14).

Tabela 1. Constantes hidrológicas e físicas obtidas de um perfil de solo "Podzólise Vermelho Amarelo Distrófico", Unidade de Mapeamento São Pedro, utilizadas no cálculo do balanço hídrico seriado.

Simb.	Horizontes Prof. (cm)	Dens. apar. (g/cm ³)	Umidade à tensão de		Classificação Textural
			1/3 atm. (%)	15 atm. (%)	
A _{1p}	0 - 17	1,55	11,0	4,7	Fr. arenoso
A ₁₂	17 - 40	1,44	11,6	4,7	Fr. arenoso
A ₁₃	40 - 60	1,46	11,9	4,3	Fr. arenoso
A ₂	60 - 90	1,58	10,6	3,5	Fr. arenoso
B ₂₁	90 - 108	1,55	18,0	9,4	Franco
B ₂₂	108 - 120	1,56	22,6	13,1	Fr. argiloso

As capacidades de armazenamento de água do solo de 200 mm e 75 mm corresponderam respectivamente as profundidades de 1,06 m e 0,44 m.

A retenção máxima de água do solo foi calculada empregando-se a seguinte fórmula (21):

$$\text{mm de água} = U_e \cdot D_a \cdot h \cdot 0,1$$

onde U_e é a umidade equivalente do solo (%), D_a a densidade aparente do solo (cm³/g) e h a profundidade da lâmina de solo considerada (cm).

A profundidade de 1,06 m considerou-se como a zona de exploração das raízes da maioria dos cultivos agrícolas perenes e a de 0,44 m, a zona explorada pelas raízes dos cultivos anuais ou perenes (em fase inicial de crescimento).

Para a umidade equivalente empregou-se a água retida no solo à

tensão de $1/3$ de atmosfera e o ponto de murcha encontrou-se partindo da mesma fórmula (21) utilizando-se a água retida pelo solo à tensão de 15 atmosferas em lugar da unidade equivalente. A água entre a tensão máxima do solo e o ponto de murcha, para uma mesma lâmina, considerou-se a água utilizável pelas plantas.

Realizou-se o balanço seriado para o período de 1912 a 1966, suficientemente longo para um estudo desta natureza. Iniciou-se a partir de maio de 1912, pois nesse mês a precipitação foi de 306 mm, considerando-se, desta forma, que o solo, no último dia do mês, encontrava-se em sua capacidade de campo. Para este estudo porém tomou-se os dados do balanço hídrico somente a partir de janeiro de 1913, a fim de ter-se número uniforme de meses para os cálculos de probabilidades.

Com a finalidade de comparação, calculou-se o balanço hídrico médio, com valores normais de temperatura e precipitação para armazenagem de água do solo de 200 mm e 75 mm.

Inicialmente trabalhou-se com probabilidades mensais de ocorrência de distintas porcentagens de água utilizável como em LAY (13), porém comprovou-se que o referido cálculo não representa a realidade, pois o método de THORNTHWAITE e MATHER (25) considera a armazenagem total de água no solo entre capacidade de campo e umidade retida logo após o solo ser submetido a secagem em estufa, à 105°C ou até peso constante. Deduzindo-se os milímetros de água utilizável a partir do armazenamento de água mensal, segundo o cálculo do balanço seriado, obtêm-se situações irreais pois, em meses que a precipitação supera a evapotranspiração potencial, os milímetros excedentes de água incorporam-se ao solo para sua utilização no balanço do mês seguinte, com uma possibilidade de utilização segundo a retenção que se produza, de acordo com o armazenamento alcançado dentro dos limites entre a capacidade máxima da retenção e zero de água do solo. Isto significa um erro conceitual pois a água remanescente para o mês seguinte deveria estar disponível para a evapotranspiração, isto é, evapotranspirar-se sem nenhuma retenção até certo limite, segundo o tipo de solo. Tal dificuldade do método de THORNTHWAITE e MATHER (25) foi solucionada pelas modificações que introduzem o balanço modulado (12) e o balanço versátil (3).

Pelo exposto foi decidido utilizar um índice que refletisse a satisfação da necessidade mensal em água (EP) mediante a precipitação e a água disponível por parte do solo (ER). A relação percentual entre dois elementos do balanço hídrico dá um índice agroclimático que expressa a maneira como os cultivos satisfazem, neste mês, sua necessidade em água. Obviamente quando a relação vale 100, a necessidade em água é zero e a diminuição crescente deste valor indica deficiências de água em aumento. Pelo método de THORNTHWAITE e

MATHER (25) esta deficiência está indicada pelos milímetros de de ficiência entre os valores de EP e ER mensais.

Com base nessas ponderações construiu-se a Tabela 3, considerando do quatro situações, segundo a porcentagem em que se encontra em cada mês a relação $(ER/EP) \times 100$: a) 100%, sem deficiência de água; b) de 75 a 100%, adequada disponibilidade hídrica; c) de 50 a 75%, insuficiente disponibilidade hídrica e; d) menor que 50%, seca.

A série de valores de $(ER/EP) \times 100$, para cada mês, resultante do balanço hídrico seriado, permite analisar estatisticamente situações mensais que, com respeito a umidade, podem estar submetidos os cultivos cujo ciclo vegetativo são coincidentes com os mesmos.

Uma análise similar pode efetuar-se com os milímetros de deficiência e excessos mensais.

A técnica para interpretar estatisticamente tanto a relação $(ER/EP) \times 100$ mensal, assim como os milímetros de deficiência ou de excesso também mensais, foi desenvolvida por PASCALE e DAMARIO (22).

Neste balanço, toda a precipitação mensal é considerada como concentrada no último dia de cada mês, não considerando-se desta forma a intensidade e a distribuição da mesma. Melhores resultados seriam obtidos executando-se um balanço que considerasse cada precipitação ocorrida no transcurso do mês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No balanço hídrico médio mensal para Santa Maria, somente no mês de dezembro os valores de evapotranspiração superaram os de precipitação. Não ocorreram deficiências hídricas. Com exceção de dezembro e janeiro, todos os meses apresentaram excessos de água, concentrando-se nos meses inverniais as maiores somas deste elemento (figura 1).

Resultados semelhantes foram encontrados por MOTA e GOEDERT (15), MOTA et alii (16, 17) e em DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (11).

O balanço hídrico médio calculado com o emprego da Tabela de 75 mm de retenção de água do solo apresentou resultados semelhantes aos da Figura 1.

O balanço hídrico seriado, ao contrário do balanço calculado com valores normais, demonstrou que, em quase todos os anos, num ou noutro mês, a evapotranspiração potencial superou a precipitação e a evapotranspiração real, produzindo-se desta forma deficiências hídricas no solo e que também, em outros meses, os excessos de água tornaram-se grandes em relação aos valores normais (Figura 2).

Armazenagem - Na oscilação do armazenamento da água do solo no curso de 648 meses, tanto para a lâmina de 1,04 m como para 0,44 m

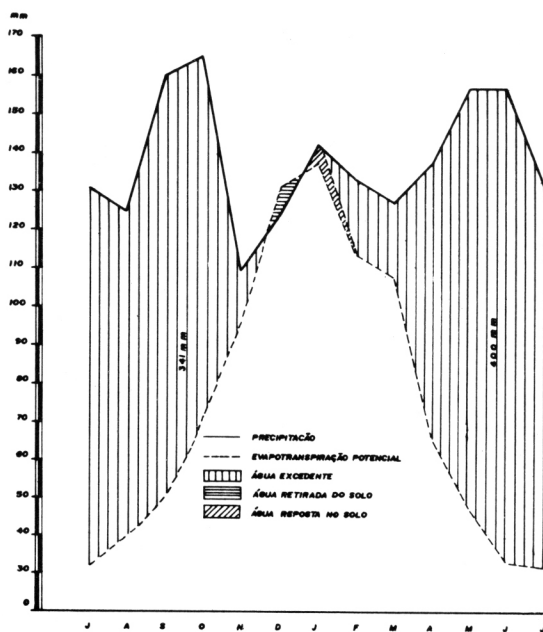


FIGURA 11 - BALANÇO HIDROLÓGICO MÉDIO PARA SANTA MARIA - RS - PELO MÉTODO DE THORNTHWAITHE E MATHER, 1928

PERÍODO DE 1913 - 1966

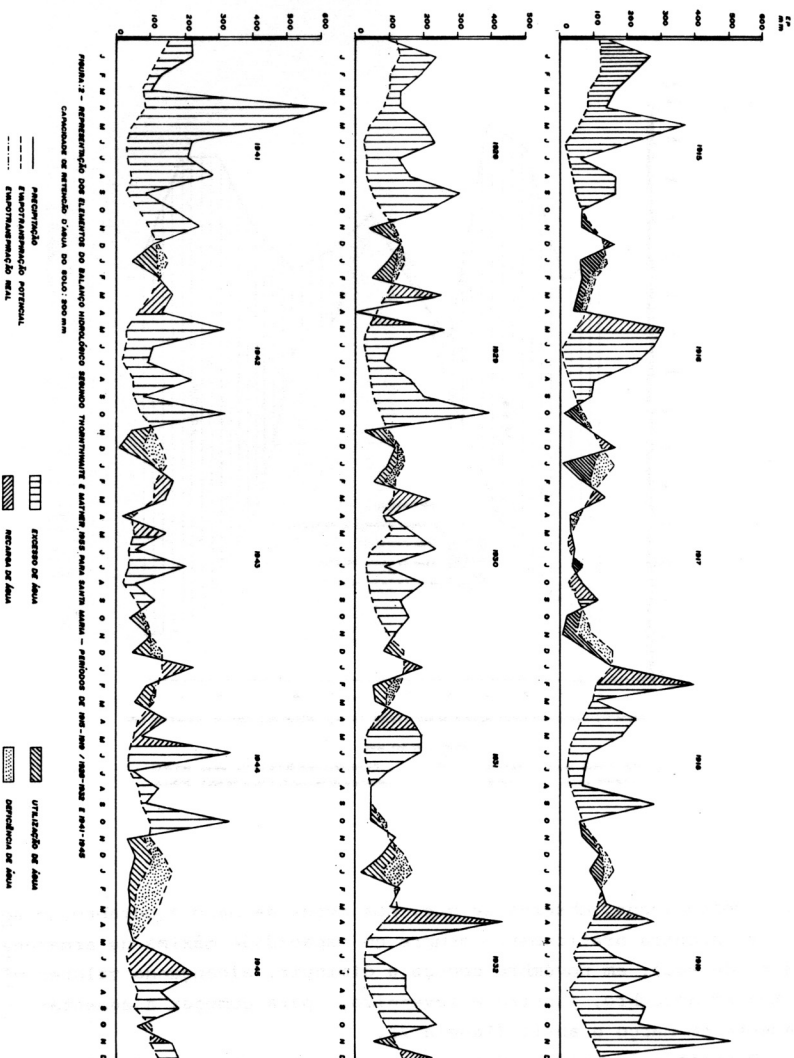
PRECIPITAÇÃO ANUAL : 1667 mm
EXEDENTE ANUAL : 741 mm

EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL ANUAL : 826 mm
CAPACIDADE DE RETENÇÃO D'ÁGUA DO SOLO : 200 mm

de profundidade, observa-se que, nos meses de maio a outubro, o solo se encontra praticamente sempre em capacidade máxima de armazenamento de água; em novembro começa a diminuir, alcançando valores mínimos em dezembro, janeiro e fevereiro, para começar a aumentar novamente em março e abril (Tabela 2).

O período de maior duração em que o solo esteve abaixo de sua capacidade máxima de armazenamento sem interrupção foi em 1916/1917: 11 meses para 200 mm e 10 meses para 75 mm de retenção. Os valores mais baixos de armazenamento ocorreram em 1944/1945, correspondendo a uma deficiência hídrica acumulada de 317 mm para 200 mm de retenção da água do solo e de 427 mm para 75 mm de retenção.

Destacam-se os períodos de 1916/1917, 1924/1925, 1929/1930, 1931/1932, 1938/1939, 1942/1943, 1943/1944, 1944/1945, 1948/1949, 1949/1950, 1951/1952, 1952/1953, 1956/1957, 1959/1960, 1962/1963,



Armazenagem de água do solo em mm. Profundidade da lâmina do solo: 0,44 m. Capacidade de retenção de água do solo: 75 mm.

ANO	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1913	20	2	65	55	75	75	75	75	75	75	46	15
1914	11	75	75	75	44	75	75	75	75	75	75	75
1915	20	75	75	75	75	75	75	75	75	75	51	75
1916	24	15	10	6	75	75	75	75	75	33	29	70
1917	8	4	47	33	31	42	29	75	75	31	13	5
1918	9	75	75	75	75	75	75	75	75	60	39	33
1919	12	14	28	75	75	75	75	75	75	75	61	75
1920	75	75	63	63	75	75	75	75	75	75	75	75
1921	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	51	18
1922	75	64	75	75	75	75	75	75	75	75	45	75
1923	75	25	21	75	75	75	75	75	75	69	75	75
1924	15	6	27	75	75	75	75	75	75	39	22	5
1925	27	40	19	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1926	75	20	9	75	75	75	75	75	75	69	72	75
1927	75	75	75	75	46	75	75	75	75	75	58	75
1928	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	25	75
1929	40	14	75	34	75	75	75	75	75	75	30	25
1930	14	6	75	75	75	75	75	75	75	75	75	31
1931	75	23	12	75	75	75	75	73	75	43	58	23
1932	3	17	15	75	75	75	75	75	75	75	33	75
1933	47	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	31
1934	7	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	8
1935	19	75	32	67	75	75	75	75	75	75	57	32
1936	44	23	15	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1937	27	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	39
1938	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	51
1939	11	11	8	51	75	75	65	75	75	75	75	75
1940	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1941	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1942	15	13	74	75	75	75	75	75	75	75	63	75
1943	3	51	75	50	75	75	75	75	75	40	42	12
1944	75	47	15	75	75	75	75	75	75	75	31	10
1945	2	1	1	1	1	75	75	75	75	75	75	75
1946	75	72	37	19	75	75	75	75	75	41	75	75
1947	75	75	45	75	75	75	75	75	75	51	75	75
1948	31	75	75	75	75	75	75	65	75	75	75	75
1949	14	7	55	75	60	75	75	75	75	75	27	18
1950	18	6	75	43	75	75	75	75	75	75	61	36
1951	16	70	75	75	75	75	54	43	75	75	75	73
1952	51	4	4	4	49	75	75	75	75	75	56	23
1953	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	40	18
1954	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	21	19
1955	16	63	75	75	75	75	75	75	75	75	75	21
1956	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	16
1957	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1958	51	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1959	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1960	11	5	10	75	75	75	75	75	75	75	75	43
1961	16	25	10	75	75	75	75	75	75	75	75	45
1962	10	36	75	75	75	75	75	75	75	75	75	38
1963	75	33	29	23	70	75	75	75	75	75	75	35
1964	40	48	36	25	57	75	75	75	75	75	75	45
1965	23	12	7	75	75	75	75	75	75	75	75	75
1966	75	75	75	74	43	75	75	75	75	75	75	75

Tabela 2. Armazenagem de água do solo em mm. Profundidade da lâmina do solo: 1,06 m. Capacidade de retenção de água do solo: 200 mm.

ANO	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1913	124	81	144	135	142	191	200	200	200	200	168	112
1914	97	184	200	200	165	200	200	200	200	200	200	200
1915	200	200	200	200	200	200	200	200	200	174	200	200
1916	133	111	94	78	200	200	200	200	148	141	182	104
1917	87	64	107	96	94	105	92	179	200	145	104	75
1918	79	200	200	200	200	200	200	200	200	185	158	147
1919	102	104	118	200	200	200	200	200	200	200	200	186
1920	200	200	188	188	200	200	200	200	200	200	200	187
1921	200	200	200	200	200	200	200	200	200	174	119	75
1922	193	182	200	200	200	200	200	200	200	166	200	200
1923	200	135	125	200	200	200	200	200	194	200	200	200
1924	110	80	101	163	200	200	200	200	158	127	73	3
1925	95	108	81	200	200	182	200	200	200	200	200	200
1926	200	122	92	161	200	200	200	200	200	194	187	75
1927	200	200	200	200	168	200	200	200	200	200	182	75
1928	200	200	200	200	200	200	200	200	200	134	134	75
1929	159	107	200	150	200	200	200	200	200	142	135	75
1930	108	80	183	200	200	200	200	200	200	200	145	75
1931	190	130	102	199	200	200	198	200	163	178	127	75
1932	57	71	67	200	200	200	200	200	148	200	200	200
1933	169	200	200	200	200	200	200	200	200	145	89	75
1934	84	200	200	200	200	200	200	200	200	181	146	75
1935	120	182	133	168	168	200	200	200	200	182	200	75
1936	164	131	111	200	200	200	200	200	200	158	75	75
1937	138	200	200	200	200	200	200	200	200	173	75	75
1938	200	200	200	200	200	200	200	200	200	131	75	75
1939	99	99	86	129	200	200	190	200	200	200	200	200
1940	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1941	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1942	110	107	168	200	200	200	200	200	200	200	188	75
1943	60	108	143	124	200	200	200	200	200	145	74	75
1944	185	157	104	178	198	200	200	200	159	161	102	75
1945	53	32	21	16	16	140	200	200	200	144	96	75
1946	200	197	154	120	179	200	200	200	161	200	200	200
1947	200	200	166	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1948	174	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1949	107	82	130	193	179	200	200	200	200	137	119	75
1950	88	76	197	161	200	200	200	200	200	186	153	75
1951	113	167	182	198	200	200	178	163	200	200	200	198
1952	115	71	70	63	109	200	200	200	200	180	131	75
1953	159	112	72	60	111	200	200	200	200	160	118	75
1954	200	200	200	200	200	200	200	200	200	125	120	75
1955	113	160	200	200	200	200	200	200	200	126	161	75
1956	200	200	200	200	200	200	200	200	200	128	113	75
1957	185	127	82	144	200	200	200	200	200	200	200	200
1958	174	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1959	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1960	97	74	79	165	169	200	200	200	200	128	149	75
1961	115	124	200	200	200	200	200	200	200	179	130	75
1962	97	123	200	200	200	200	200	200	200	182	126	75
1963	200	148	142	131	188	200	200	200	200	181	81	75
1964	120	146	142	131	188	200	200	200	200	200	151	75
1965	131	101	85	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1966	200	200	200	199	162	200	200	200	200	200	200	200

1964/1965, com meses de baixo armazenamento de água. Estes períodos de falta de umidade serviriam para correlacionar com o comportamento dos cultivos cujos períodos vegetativos coincidiram com tais condições.

Relação (ER/EP) x 100 - Na análise dos dados da Tabela 3 constata-se que a seca no sentido agroclimático é bastante comum em Santa Maria nos meses de verão e início do outono, sendo menos frequente no fim da primavera.

Verifica-se que, principalmente para a armazenagem de 200 mm de água do solo, nos meses de maio a outubro o solo se encontra sempre com (ER/EP) x 100 acima de 75%. A partir de novembro começa a aumentar a porcentagem de anos com valores baixos da relação (ER/EP) x 100, apresentando os meses de verão e início do outono as porcentagens mais baixas, demonstrando claramente que existe períodos secos, principalmente as secas estivas, como aludiram ARAUJO (1), MOTA e GOEDERT (15), MOTA et alii (16), BARRIOS et alii (4) e BARRIOS e LEOBEL (5).

Estas particularidades não são perceptíveis no balanço hídrico calculado com os valores normais, Figura 1.

Para a armazenagem de água do solo de 75 mm, aumentaram consideravelmente os valores baixos da relação (ER/EP) x 100. É muito importante considerar isto, pois observa-se que se tem uma alta porcentagem de meses que, num ano ou outro, apresentam insuficiente quantidade de água armazenada no solo para as raízes que se distribuem nesta lâmina de solo na estação estival, início do outono e, com frequência mais reduzida, também no fim da primavera.

A relação (ER/EP) x 100, aqui utilizada com um critério puramente climático, pode ser empregada também como um índice agroclimático, pois relaciona as disponibilidades com as necessidades de água. Os níveis de 50, 75 e 100%, fixados arbitrariamente, podem representar limites para etapas de tarefas agrícolas ou satisfação de requerimentos em água de distintos subperíodos dos cultivos, como se pode encontrar em PASCALE et alii (23) para soja.

Excesso de água - Com os excessos mensais de água do solo ocorridos durante o período de 1913/1966, verificou-se que nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, além de ocorrerem os valores mais elevados, praticamente todos os anos apresentaram excessos. Ao contrário, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro somente em poucos anos verificaram-se excessos de água (Tabela 5).

Os excessos mensais começam a diminuir em outubro, decrescendo mais ainda em novembro, sendo mínimos, tanto em frequência como em quantidade, nos meses de verão. Em março principiam a aumentar, crescendo mais ainda em abril e maio, sendo que em todos os anos, os meses de junho a setembro apresentam excessos.

Pode-se destacar os anos de 1915, 1919, 1923, 1928, 1937, 1940, 1941, 1954, 1959 e 1966 como de grandes excessos, ultrapassando aos 1.000 mm. Os maiores excessos hídricos mensais ocorreram em novembro de 1919 (419 mm), em abril de 1941 (528 e 404 mm) correspondendo estas datas e valores tanto para 200 mm como para 75 mm de retenção de água do solo. Os períodos mais longos, ininterruptos, de excessos ocorreram de março de 1914 a setembro de 1915, de maio de 1920 a outubro de 1921, de agosto de 1939 a novembro de 1941 e de fevereiro de 1958 a outubro de 1959. Estes períodos com excessos de água serviriam, do mesmo modo que se mencionou com milímetros de armazenagem baixa, para correlacioná-los com o comportamento dos cultivos cujos períodos vegetativos coincidiram com essas condições

A Tabela 4 apresenta a frequência percentual entre distintos níveis de excessos e deficiências mensais de água do solo durante o período considerado. Uma simples visualização da mesma dá uma idéia concreta da frequência e intensidade dos excessos e deficiências de água nos distintos meses.

O ponto correspondente ao 0,0 mm refere-se à porcentagem de anos que apresentaram meses coincidentes idênticos com mm de excessos e deficiências ao mesmo tempo, considerando-se assim como um nível de equilíbrio.

Deficiência de água - Os valores de deficiências mensais de água do solo, Tabela 6, apareceram no mês de novembro, os maiores e mais frequentes em janeiro, fevereiro e dezembro, diminuindo em março e abril e aparecendo somente em alguns anos nos meses de maio a outubro.

Destacam-se os anos de 1913, 1916, 1917, 1924, 1929, 1931, 1932, 1936, 1939, 1942, 1943, 1944, 1945, 1949, 1950, 1952, 1953, 1957, 1960, 1962 e 1965, pelos seus valores, tanto em número de meses como em quantidade de deficiências de água. Os valores de deficiência correspondem à armazenagem de 200 mm e 75 mm respectivamente, observando-se que para a retenção de 75 mm aumenta consideravelmente a deficiência da água do solo.

Estes anos com deficiências ajustam-se com os períodos de baixo armazenamento citados anteriormente, servindo, desta forma, para correlacioná-los com o comportamento dos cultivos cujos períodos vegetativos coincidiram com os mesmos.

Salienta-se que em 94,4% dos anos, num mês ou noutro, pode esperar-se deficiências de água no solo, pois analisando os 54 anos utilizados no balanço hidrológico constatou-se que somente em três não ocorreram meses com deficiências.

Os valores mais elevados de deficiências mensais foram constatados em janeiro e fevereiro de 1945 (72 e 81 mm) e janeiro de 1932 (81 mm) para armazenagem de 200 mm e janeiro de 1932 (129 mm), de

Tabela 5. Excessos hídricos (EXC) em mm - Santa Maria, Capacidade de retenção d'água do solo = 200 mm

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEZ
1933	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	18,0	68,9	89,9	80,3	0,0	0,0
1934	0,0	0,0	69,3	60,6	0,0	112,7	135,4	109,1	120,6	110,1	48,1	0,0
1935	147,4	93,4	73,0	47,7	318,7	183,3	28,6	120,8	128,4	0,0	0,0	4,3
1936	0,0	0,0	0,0	0,0	130,1	271,7	21,1	78,5	42,6	0,0	0,0	0,0
1937	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1938	0,0	166,3	144,1	160,1	146,2	53,7	47,4	27,8	229,2	0,0	0,0	0,0
1939	0,0	130,8	0,0	107,3	22,4	112,9	228,1	116,4	202,0	10,1	418,0	0,0
1940	116,5	19,3	172,0	97,6	88,7	62,5	92,6	42,0	104,6	66,8	50,8	78,2
1941	21,4	33,3	172,0	31,5	88,7	170,0	23,6	123,3	173,6	25,5	0,0	0,0
1942	181,2	0,0	11,3	30,8	288,9	222,6	238,5	123,3	47,2	0,0	81,3	154,5
1943	0,0	0,0	0,0	0,0	23,1	121,1	33,0	70,5	127,7	0,0	0,0	0,0
1944	0,0	0,0	0,0	0,0	53,9	261,2	0,0	72,0	96,8	222,3	80,9	173,8
1945	0,0	0,0	0,0	0,0	79,9	67,8	286,5	8,8	201,2	35,1	60,9	0,0
1946	19,4	0,0	39,0	51,5	0,0	262,2	66,2	25,3	262,0	101,1	60,9	0,0
1947	40,6	84,4	39,0	53,2	120,2	200,3	90,2	120,8	249,3	304,6	0,0	0,0
1948	87,8	23,5	30,7	52,3	110,3	117,3	44,0	116,4	150,3	127,7	1,7	0,0
1949	0,0	0,0	30,7	0,0	116,6	117,3	44,0	116,4	150,3	127,7	1,7	0,0
1950	0,0	0,0	0,0	0,0	156,5	166,1	59,7	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0
1951	0,0	0,0	0,0	0,0	111,3	21,7	123,2	116,0	120,3	133,0	0,0	34,6
1952	0,0	0,0	0,0	0,0	231,6	111,3	21,7	123,2	116,0	120,3	133,0	0,0
1953	0,0	17,5	11,5	4,1	40,7	76,8	54,5	53,1	123,3	86,1	0,0	0,0
1954	0,0	280,1	57,1	42,0	272,2	63,3	97,6	43,2	41,9	80,1	0,0	168,7
1955	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,0	125,6	97,0	139,4	102,5	64,6	0,0
1956	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	257,8	92,5	101,6	97,5	121,0	145,0	0,0
1957	0,0	100,8	46,0	105,8	35,0	135,2	308,2	96,9	229,3	57,5	62,9	0,0
1958	0,0	100,8	46,0	105,8	35,0	135,2	308,2	96,9	229,3	57,5	62,9	0,0
1959	94,5	68,0	59,0	151,1	63,6	157,5	0,0	104,6	102,2	70,3	102,4	0,0
1960	0,0	0,0	0,0	0,0	63,6	157,5	0,0	104,6	102,2	70,3	102,4	0,0
1961	184,1	28,0	24,9	158,8	265,8	252,5	200,3	65,0	36,2	110,5	98,4	6,4
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	528,4	403,7	139,4	173,7	238,5	50,1	102,9	246,4
1963	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	274,9	79,7	73,6	169,1	17,0	242,3	0,0
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	14,2	162,5	32,2	60,3	0,0	0,0	0,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	295,2	10,6	58,7	10,7	230,4	0,0	53,7
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	129,5	62,2	128,0	0,0	21,6	53,7
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	264,4	63,3	52,2	31,3	0,0	214,6	34,7	112,5
1968	71,1	0,0	0,0	0,0	57,2	117,9	38,6	247,5	121,1	56,6	0,0	0,0
1969	0,0	28,2	74,6	101,1	227,7	37,2	31,3	38,6	247,5	121,1	56,6	0,0
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	133,7	146,0	100,9	36,0	110,7	62,8	0,0	0,0
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	35,6	111,3	35,0	150,3	50,1	0,0	0,0	0,0
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	95,2	0,0	47,9	95,8	173,6	0,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	112,7	88,7	23,5	123,8	0,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	38,0	56,1	179,0	217,3	0,0	0,0	0,0
1975	11,2	282,3	44,5	25,1	46,9	179,3	257,2	76,5	89,5	79,5	0,0	0,0
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1977	14,4	94,5	6,2	143,6	61,8	10,5	95,3	27,0	16,2	56,6	0,0	0,0
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1981	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2005	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2012	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2017	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2018	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2021	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2022	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2023	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2024	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2025	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2026	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2027	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2028	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2029	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2030	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2031	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2032	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2033	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2034	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2035	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2036	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2037	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2038	0,0	0,0	0,0									

Tabela 6. Deficiências hídricas (mm) em Santa Maria, Capacidade de retenção d'água do solo = 200 mm

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1913	17,3	40,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	21,1
1914	13,5	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1915	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	0,0
1916	16,0	18,0	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	2,1	0,0
1917	51,1	34,5	0,0	9,9	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	33,5	38,1
1918	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	5,1	2,9
1919	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1920	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1921	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14	19,3
1922	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0
1923	0,0	13,4	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
1924	25,7	31,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	10,8	54,0
1925	0,0	0,0	30,2	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1926	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1927	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
1928	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	1,8
1929	18,2	44,5	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	2,7
1930	15,8	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9
1931	0,0	17,8	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	14,6
1932	80,6	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	0,0
1933	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,3
1934	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1935	14,1	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
1936	3,1	13,2	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9
1937	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
1938	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5
1939	21,0	1,4	15,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1940	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1941	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1942	27,8	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	64,5
1943	28,4	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	30,2
1944	0,0	5,3	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	31,8	0,0
1945	72,4	81,2	68,8	53,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0
1946	0,0	0,4	1,1	12,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0
1947	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1948	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1
1949	17,4	27,4	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	9,1
1950	26,3	17,5	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0
1951	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1952	28,2	54,4	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	12,8
1953	0,0	22,5	48,9	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1954	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1955	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	0,0
1956	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	10,4
1957	0,0	14,8	41,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1958	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1959	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0
1960	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1961	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
1962	37,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1963	0,0	8,4	1,9	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0
1964	0,0	0,0	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0
1965	15,0	24,7	29,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,1	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 6. Deficiências hídricas (mm) em Santa Maria, Capacidade de retenção d'água do solo = 75 mm

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1913	37,3	49,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,1
1914	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1915	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,5
1916	35,0	27,8	30,0	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	5,1
1917	49,5	0,0	0,0	8,5	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	62,5
1918	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	11,1
1919	48,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1920	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1921	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	41,3
1922	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2
1923	0,0	30,4	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
1924	51,7	55,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	23,8	91,0
1925	0,0	0,0	36,2	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1926	0,0	44,4	44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1927	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1928	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,1	0,2
1929	36,2	39,5	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	5,7
1930	30,8	53,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9
1931	0,0	31,7	37,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	30,6
1932	128,6	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0
1933	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3
1934	27,1	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	17,9
1935	9,1	26,2	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
1936	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9
1937	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7
1938	42,0	3,4	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,5
1939	0,0	-0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1940	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1941	57,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1942	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	110,5
1943	0,0	5,4	34,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	59,2
1944	107,4	102,2	75,8	58,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	58,8
1945	0,0	0,4	13,1	31,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0
1946	0,0	2,6	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1947	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1948	32,4	46,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,1	0,0
1949	46,3	26,5	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	18,1
1950	41,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3
1951	54,2	87,4	1,9	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	28,8
1952	0,0	38,5	76,9	33,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7
1953	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,1	3,8
1954	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1955	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,7	0,0
1956	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,2	17,4
1957	0,0	28,3	67,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1958	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1959	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,1	0,0
1960	69,4	49,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	29,9
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1962	46,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	11,2
1963	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	79,6
1964	0,0	18,4	4,9	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1965	0,0	0,0	10,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0
1966	33,0	45,7	45,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

zembro de 1942 (110 mm) e janeiro e fevereiro de 1945 (107 e 102 mm) para a armazenagem de 75 mm de água do solo.

A caracterização agroclimática de uma localidade, no que diz respeito à disponibilidade da água para os cultivos, pode realizar-se, segundo o visto precedentemente, mediante a relação (ER/EP) x 100 ou contabilizando os milímetros de deficiências ou excessos mensais, podendo optar-se por um ou outro método segundo a finalidade de ou aspecto que se queira fazer ressaltar.

Tanto os excessos como as deficiências de água do solo são de maior grandeza quando se utiliza a lâmina de 0,44 m de profundidade. Este fato, muito importante do ponto de vista agrícola, não se percebe no balanço hidrológico climático médio.

Na Figura 2 representa-se o balanço da água no solo, armazenagem de 200 mm, tomando-se três amostras, cada uma representando 5 anos continuados dentro da série dos anos analisados. No primeiro caso, 1915/1919, temos dois anos com grandes excessos, quatro períodos com deficiências e um intervalo de tempo, 1916/1917, com baixo armazenamento de água no solo. No segundo caso, 1928/1932, poderíamos considerar como uma situação quase normal para o local: o solo em capacidade de campo com excessos no inverno, início de primavera e fim do outono e um período de deficiências nos meses de verão. Na terceira série de 5 anos, 1941/1945, destaca-se um ano de grandes excessos, 1941, e um período largo de intensa deficiência de água no solo, 1944/1945.

CONCLUSÕES

1. O balanço hídrico anual médio não representa a realidade da flutuação da água do solo, pois não apresenta deficiências hídricas e nem a magnitude dos excessos de água que ocorrem em muitos anos.

2. De fim do outono a fim de primavera o solo encontra-se quase sempre em capacidade de campo, ocorrendo os menores valores de armazenamento de água do solo nos meses de verão.

3. No período compreendido entre fim de primavera a início de outono, geralmente todos os anos, num mês ou noutro, apresentam insuficiente disponibilidade hídrica para os cultivos agrícolas.

4. Os maiores excessos de água do solo verificam-se em maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro. Praticamente sempre apresentam excessos. Ao contrário, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em muito poucos anos ocorrem excessos.

5. O balanço hídrico seriado permite a estimativa do conteúdo de água do solo, as deficiências ou excessos de água e o conhecimento da relação entre as necessidades e disponibilidades hídricas em escala mensal, elementos do clima com os quais se pode correla

clonar os processos biológicos dos cultivos que se produziram nos anos da série histórica analisada. Tais correlações, possibilitam inferir as relações existentes entre a água, principal elemento bioclimático auxógeno, e os rendimentos dos cultivos, assim como caracterizar de melhor maneira os períodos críticos para a água das distintas etapas ou sub-períodos da espécie analisada.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ARAUJO, L. C. - *Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 100 p., 1930.
2. BAIER, W. - Observed and estimated seasonal soil water variations under nonirrigated sod. *Canadian Journal of Soil Science*, Canadá Department of Agriculture, Ottawa, 49(2): 181-188, june, 1969.
3. BAIER, W. and ROBERTSON, W. - A new verstile soil moisture budget. *Canadian Journal of Plant Science*, Canadá, Department of Agriculture, Ottawa, 46:299-315, may, 1966.
4. BARRIOS, J., BERLATO, M., CHRISTINI, J. D. e LEOBEL, G. V. - *Caracterização dos elementos físicos das bacias e regiões hidrológicas do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Projeto ACIIRS, Acordo IICA-IBRA-Governo do Estado, 391 p., 1969 (mimeografado).
5. BARRIOS, J. e LEOBEL, G. - *Levantamento dos recursos Naturais do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Projeto ACCIIRS, acordo IBRA-IICA-Governo do Estado, 15 p., 1970 (mimeografado).
6. BURGOS, J. J. y CORSI, W. - *Constantes hidrológicas de dos suelos de pradera de Colonia (Uruguai)*. Colonia, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", 24 p., 1967 (Bol Téc. nº 6).
7. BURGOS, J. J. - El clima de la Provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo. In: *Flora de la Provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires, Instituto de Tecnología Agropecuária. Tomo I, p. 33-99, 1969.
8. BURGOS, J. J. - El clima de la región Nordeste de la República Argentina en relación con la vegetación natural. In: *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Buenos Aires, Vol. XI, p. 37-102, 1970.
9. CAMARGO, A. P. de - Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado do São Paulo. *Bragantia*, Campinas. 21(12):163-213, Fev., 1962.
10. COMISSÃO ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA - *Precipitação no Rio*

- Grande do Sul. Porto Alegre, D.P.-S.Hidrologia, 135 p., 1961 (mimeografado).
11. DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - Balanço hídrico do Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 94 p., 1972 (42 cartas).
 12. HOLMES, R. M. and ROBERTSON, G. W. - A modulated soil moisture budget. Monthly Weather Review, Ottawa, 87(3):1-7, mar., 1959.
 13. LAY, J. A. F. - Caracterización Agroclimática del Oeste del partido de General Pinto. Buenos Aires, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 46 p. 1973 (mimeografado).
 14. LEMOS et alii - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, Ministério da Agricultura/Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuária, 431 p., 1973.
 15. MOTA, F. S. da e GOEDERT, C. O. - Evapotranspiração potencial no Rio Grande do Sul. Pesq. Agropec. Bras. Rio de Janeiro, 1:155-163, 1966.
 16. MOTA, F. S. da, GOEDERT, C. O., LOPES, N. F., GARCEZ, J. R. B. e GOMES, A. da S. - Balanço hídrico do Rio Grande do Sul. Pesq. Agropec. Bras., Rio de Janeiro, 5:1-27, 1970.
 17. MOTA, F. S. da, BEIRSDORF, M. I. C. e GARCEZ, J. R. B. - Levantamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Normais Agroclimática, Pelotas, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul, Vol. 1, Pelotas, 80 p., 1971, (Circular nº 50).
 18. OLIVEIRA, L. B. de, VEIGA, C. L., DARIVA, T. e MACHADO, J. A. - Caracterização físico-hídrica de um perfil de solo da Unidade São Pedro - Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico. Santa Maria, Centro de Ciências Rurais - UFSM, 17 p. 1973 (mimeografado).
 19. ORTOLANI, A. A., CAMARGO, A. P. de e VILLA NOVA, N. A. - Correlação entre valores decendiais da evapotranspiração potencial calculados segundo métodos de Penman e Thornthwaite e de dados de evapotranspirômetros, na região de Ribeirão Preto. Brasília, Campinas, 25:LXV-LXVIII, Dez. 1966 (Nota nº 15).
 20. PASCALE, A. J. - Methods of computing the water balance: In: Agricultural Meteorology. Genove, World Meteorological Organization, nº 310, p. 323-334, 1970.
 21. PASCALE, A. J. - Analysis of air temperature and soil moisture. In: Agricultural Meteorology. Genove, World Meteorolo

- gical Organization, nº 310, p. 338-347, 1970.
22. PASCALE, A. J. e DAMARIO, E. A. - *Interpretación del balance hidrológico seriado para estudios agroclimáticos*. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, 1973 (mimeografiado).
 23. PASCALE, A. J., VILLEGAS, J. A. e MEDINA, L. F. - Aptitud agroclimática del Noroeste Argentino para el cultivo de la soja. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, San Miguel de Tucuman, 10(3-4):173-203, 1973.
 24. THORNTHWAITE, C. W. - An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.*, 38(1):55-94, 1948.
 25. THORNTHWAITE, C. W. e MATHER, J. R. - *The water balance*. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology, 104 p., 1955.
 26. THORNTHWAITE, C. W. and MATHER, J. R. - *Instructions and table for computing potencial evapotranspiration and the water balance*. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology, 311 p., 1957.