



MINISTÉRIO DO INTERIOR
SERSE - DNOS

CONVÊNIO
MINTER/SERSE/DNOS/IICA



INSTITUTO INTERAMERICANO
DE COOPERAÇÃO PARA A
AGRICULTURA (IICA)

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA AGRICULTURA IRRIGADA NO NORTE FLUMINENSE

ASPECTOS DE ÁGUA E CLIMA

ASPECTOS DE ÁGUA E CLIMA

De lvo de Souza ^{3/}

IICA
P12
47

DOCUMENTO DE ENSINO Nº

4

Campos, RJ
1983





MINISTÉRIO DO INTERIOR
SE/SE - DNOS

CONVÊNIO

MINTER/SE/SE/DNOS/IICA



INSTITUTO INTERAMERICANO
DE COOPERAÇÃO PARA A
AGRICULTURA (IICA)

Centro Interamericano de
Documentación e
Información Agrícola

28 FEB 1985

IICA — U.D.I.A

ASPECTOS DE ÁGUA E CLIMA

Delvo de Souza ^{1/}

1/ Engenheiro Agrônomo, Chefe da Seção
de Irrigação, COEST, IAA/PLANALSUCAR
Campos-RJ



PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS PARA

A AGRICULTURA IRRIGADA NO NORTE FLUMINENSE

- CONVÊNIO MANTER/SERSE/DNOS/IICA -

CURSO DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE PEQUENA
IRRIGAÇÃO POR GRAVIDADE PARA CANA-DE-ACÚCAR

ASPECTOS DE ÁGUA E CLIMA

Delvo de Souza

Campes/RJ-Agosto/83

00007530

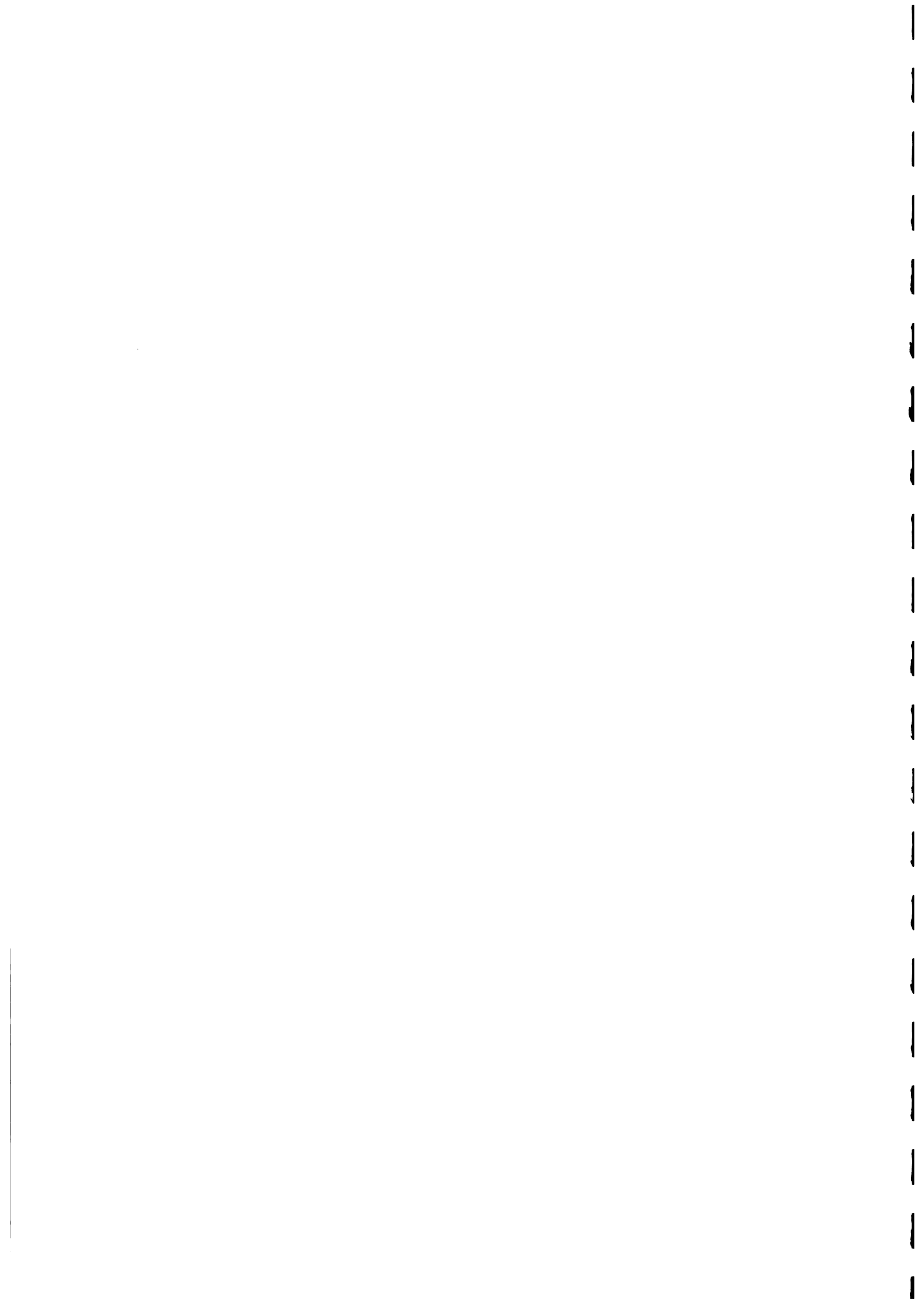
~~349~~

ASPECTOS DE ÁGUA E CLIMA

DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA E DA DEMANDA DE ÁGUA PARA A IRRIGAÇÃO

INDICE

1. INTRODUÇÃO	02
2. DEFINIÇÕES	..
2.1. Evaporação e Evapotranspiração	02
2.2. Necessidades Hídricas da Cultura	03
2.3. Demanda de Água para Irrigação	04
3. ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA	
3.1. Métodos para Determinar ETo	04
3.1.1. Tanque Classe "A"	04
3.1.2. Fórmula de Penman	06
3.1.3. Fórmula de Hargreaves	12
3.2. Estimativa da ETm	15
4. CÁLCULO DA DEMANDA LÍQUIDA DE IRRIGAÇÃO	
4.1. Probabilidade de Ocorrência de Chuvas	18
4.2. Chuva Efetiva	20
5. CÁLCULO DA DEMANDA BRUTA DE IRRIGAÇÃO	
5.1. Eficiência do Método de Irrigação	23
6. EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO	25



1. INTRODUÇÃO

Esta apostila foi elaborada visando servir como apontamentos de aula para o curso sobre "Elaboração e Implantação de Projetos de Pequena Irrigação por Gravidade para a Cultura da Cana-de-açúcar". Neste sentido, procurou-se dar uma abordagem prática aos temas, de modo que sirvam como um roteiro para a determinação das exigências hídricas da cultura e da demanda de água para o cálculo da vazão do projeto, em pequenas áreas.

Portanto, para projetos de áreas mais extensas onde um número maior de fatores são envolvidos, deve-se adotar critérios mais rígidos nos diversos cálculos e análises que devem ser considerados. Para isso, cita-se no final a literatura específica que poderá ser consultada pelos interessados.

2. DEFINIÇÕES:

2.1. Evaporação e Evapotranspiração

E - (Evaporação) - perda por evaporação (mm/período) de uma superfície livre d'água ou solo nu.

ET - (Evapotranspiração) - perda de água por evaporação do solo mais transpiração da planta, observada em uma cultura qualquer.

ET_o - (Evapotranspiração de referência) - Evapotranspiração ocorrente em

uma superfície vegetada com grama batatais (*Paspalum notatum*), bem provida de umidade, em fase de desenvolvimento ativo, e com a bordadura adequada.

ET_m - (Evapotranspiração máxima) - evapotranspiração máxima ou demanda ideal, refere-se a perda d'água por uma cultura qualquer em condições de nenhuma restrição de água em qualquer estágio de desenvolvimento.

ET_a - (Evapotranspiração atual ou real) - demanda atual ou perda d'água por uma cultura qualquer, com ou sem restrição de água em qualquer estágio de desenvolvimento.

E.C.A. - Evaporação do tanque Classe A.

2.2. Necessidades Hídricas da Cultura

É definida pela F.A.O. como a quantidade de água necessária para satisfazer as perdas pela evapotranspiração de uma cultura livre de doença, desenvolvendo-se no campo em condições ótimas de solo, incluindo-se água suficiente e fertilidade, e capaz de atingir a produção máxima naquelas condições.



2.3. Demanda de Água para a Irrigação

2.3.1. Demanda Bruta: são as necessidades de água de irrigação na fonte de abastecimento.

2.3.2. Demanda Líquida: são as necessidades de água que deverão ser efetivamente fornecidas à cultura, através da irrigação.

3. ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA

3.1: Métodos para a Estimativa de ETo.

Existem vários métodos para a estimativa da ETo que possibilitam o cálculo das necessidades hídricas da cultura em diferentes condições climáticas e agrônomicas.

Dentre estes, serão analisados os de Penman o do tanque classe A e o de Hargraves.

3.1.1. Método do Tanque Classe A

Neste método a ETo é estimada a partir dos dados de evaporação da superfície livre de um tanque, que é corrigida através de um coeficiente (Kp) em função do vento e da umidade relativa. A fórmula que define ETo é a seguinte:

$$ETo = E.C.A \times Kp, \quad (1)$$

onde

ETo e ECA são dados em mm.

O fator Kp é encontrado na tabela 1, em função dos dados médios de umidade relativa e dos ventos do período.

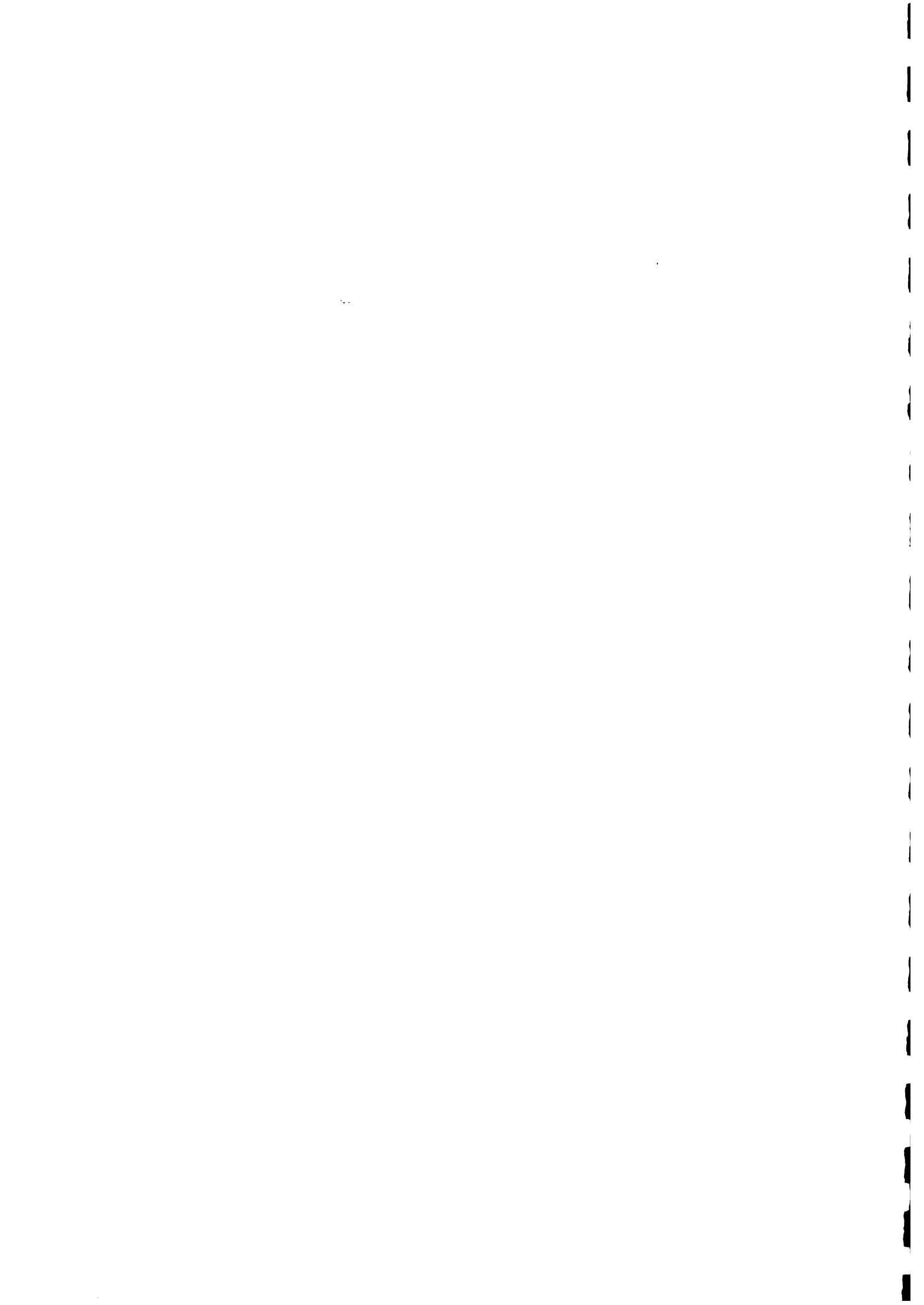
Exemplo de aplicação:

Num período de 5 dias, obteve-se os seguintes dados:



Tabela 1 - Coeficiente de tanque (Kp) para Tanque Classe A para diferentes coberturas vegetais e níveis de umidade relativa média e vento' em 24 horas.

Umidade Média	Tanque colocado em área cultivada com vegetação				Tanque colocado em área não cultivada			
	Tamanho da bordadura (grama) m	baixa <40	med. 40-70	alta >70	Tamanho da bordadura (solo nu) m	baixa <40	med. 40-70	alta >70
Leve <175	1	.55	.65	.75	1	.7	.8	.85
	10	.65	.75	.85	10	.6	.7	.8
	100	.7	.8	.85	100	.55	.65	.75
	1000	.75	.85	.85	1000	.5	.6	.7
Moderado 175 - 425	1	.5	.6	.65	1	.65	.75	.8
	10	.6	.7	.75	10	.55	.65	.7
	100	.65	.75	.8	100	.5	.6	.65
	1000	.7	.8	.8	1000	.45	.55	.6
Forte 425-700	1	.45	.5	.6	1	.6	.65	.7
	10	.55	.6	.65	10	.5	.55	.65
	100	.6	.65	.7	100	.45	.5	.6
	1000	.65	.7	.75	1000	.4	.45	.55
Muito forte > 700	1	.4	.45	.5	1	.5	.6	.65
	10	.45	.55	.6	10	.45	.5	.55
	100	.5	.6	.65	100	.4	.45	.5
	1000	.55	.6	.65	1000	.35	.4	.45



UR% = 65% e V = 195 Km/dia

ECA = 30 mm 6 mm/dia

Calcular a ETo do período, considerando-se que o posto climatológico possui uma bordadura de grama de \approx 10 m.

Solução:

Na tabela 1, obtem-se $K_p = 0,7$.

Portanto:

$$ETo = 30 \times 0,7 = 21 \text{ mm ou } 4,2 \text{ mm/dia}$$

3.1.2. Método de Penman.

Neste método ETo é estimada por uma equação onde são considerados os seguintes fatores climáticos: temperatura, umidade relativa, velocidade dos ventos e a insolação. É portanto, um método de aplicação mais restrita já que nem sempre estes dados são disponíveis nos locais onde se pretende empregá-lo.

Entretanto, onde os dados são disponíveis, este método poderá ser usado e, segundo a FAO, fornece resultados mais satisfatórios que os demais.

A metodologia aqui descrita foi adaptada por VILLA NOVA (6) e apresenta a seguinte equação geral:

$$ETo = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} H + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} \quad (2)$$

Os termos são calculados em função dos parâmetros meteorológicos da seguinte maneira:



a) Termo $\frac{\Delta}{\delta}$ = determinado em função da temperatura média diária do ar (vide tabela 2)

b) Termo H (balanço de energia diário) - determinado em função da equação:

$$H = \frac{Q_0}{59} \left(a + b \frac{n}{N} \right) (1 - r) - \frac{\sigma_a^4}{59} (0,56 - 0,09 \sqrt{e}) \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right)$$

onde os termos significam:

a e b = Valores constantes para cada local. Na ausência de dados locais pode-se adotar a = 0,25 e b = 0,50

Q_0 = Constante solar ao nível diário (cal/cm^2); determinada pela tabela 3 em função da latitude e época do ano.

n = Número de horas de insolação diário dado pelo Posto Meteorológico local (horas e décimos)

N = Comprimento do dia em horas e décimos. Dado pela tabela 4, em função do mês e latitude do local.

r = Poder refletor da superfície, com os seguintes valores:
 r = 0,25 - quando se calcula a evapotranspiração potencial

r = 0,50 - quando se calcula a evaporação

σ_a^4 = produto de quarta potência da temperatura média diária do ar, expressa em $^{\circ}\text{K}$, pela constante de Stefan-Boltzmann

($1,19 \times 10^{-7}$ cal/cm².dia) (vide tabela 5)

e_a = Valor médio diário da pressão parcial de vapor d'água do ar em mm de Hg. Calculado pela expressão:

$$e_a = \frac{UR\%}{100} \cdot e_s$$



onde:

UR = Umidade relativa média diária obtida no Posto Meteorológico.

e_s = Tensão de saturação de vapor d'água obtida em função da temperatura média diária na tabela 6.

C) Termo E_a (poder evaporante do ar) (mm/dia) - determinado por uma das equações seguintes, conforme se calcula evaporação ou evapotranspiração de referência:

$$E_a = 0,35 \left(0,5 + \frac{U}{160} \right) (e_s - e_a) - \text{(Evaporação)} \quad (4)$$

$$E_a = 0,35 \left(1 + \frac{U}{160} \right) (e_s - e_a) - \text{(Evapotranspiração de referência)} \quad (5)$$

onde os termos significam:

U = Velocidade média diária do vento em Km/dia obtida no Posto meteorológico a 2,0 m de altura.

e_a e e_s = (já definidos)

E_a = Poder evaporante do ar (mm/dia)

Exemplo de aplicação:

Calcular a ETo em mm/dia, no mês de janeiro, de local com as seguintes características:

Dados do local:

Latitude = 21° 48'S

t_a = Temperatura média do ar = 26,1°C = 299,1°K*

UR = Umidade relativa = 77%

n = Insolação = 5,3 h

V = Velocidade do vento = 7,7 Km/h = 184,8 Km/dia

* °K = °C + 273



Tabela 2 - Valores de $\frac{\Delta}{\gamma}$ entre 1 e 40°C (calculados por Villa Nova 1967)

t	$\frac{\Delta}{\gamma}$	t	$\frac{\Delta}{\gamma}$	t	$\frac{\Delta}{\gamma}$	t	$\frac{\Delta}{\gamma}$
1	0,6	11	1,4	21	2,2	31	4,0
2	0,8	12	1,4	22	2,6	32	4,2
3	0,8	13	1,6	23	2,6	33	4,2
4	0,8	14	1,6	24	2,6	34	4,4
5	1,0	15	1,6	25	2,6	35	4,6
6	1,0	16	1,8	26	3,0	36	5,2
7	1,2	17	1,8	27	3,0	37	5,2
8	1,2	18	2,0	28	3,2	38	5,4
9	1,2	19	2,0	29	3,6	39	5,6
10	1,2	20	2,0	30	3,8	40	5,6

Tabela 3 - Radiação solar recebida no limite mais externo da atmosfera no 15º dia de cada mês entre as latitudes 10ºN - Equador e 40ºS (cal/cm².dia). (Valores de Q₀).

LATITUDE	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
10°N	761	814	873	885	873	867	873	879	867	826	767	732
8°N	779	832	879	879	851	756	861	873	873	848	785	749
6°N	757	844	879	873	850	838	850	861	873	840	802	773
2°N	832	867	885	861	825	862	814	844	873	967	838	814
Equador	656	879	885	856	802	785	797	832	857	873	856	832
2°S	821	885	885	850	791	767	779	870	867	879	873	850
4°S	879	897	885	838	774	749	755	808	851	885	885	873
6°S	897	903	885	826	755	732	743	757	861	897	857	890
8°S	909	909	879	814	738	708	720	779	856	897	909	903
10°S	920	920	873	802	720	684	702	767	850	897	915	920
12°S	932	920	857	791	685	641	684	755	838	897	926	932
14°S	955	920	861	773	679	637	661	738	838	897	932	944
16°S	951	932	851	755	661	618	637	720	826	897	932	956
18°S	926	932	850	743	637	598	620	702	814	897	932	974
20°S	975	932	838	720	614	561	598	684	802	897	932	964
22°S	891	947	826	787	590	543	572	661	791	873	968	991
24°S	951	932	814	684	566	519	549	643	779	897	968	1001
26°S	997	926	802	661	543	496	519	626	761	897	974	1015
28°S	1003	920	791	643	519	460	496	602	743	897	974	1021
30°S	1003	920	779	620	496	437	472	578	732	873	974	1027
32°S	1009	909	767	596	472	407	448	555	714	867	974	1031
34°S	1009	903	743	578	448	378	413	521	696	861	974	1036
36°S	1009	897	732	555	425	354	389	507	673	850	974	1044
38°S	1003	885	714	531	399	330	366	484	645	838	974	1046
40°S	1003	879	696	507	360	295	336	460	621	826	968	1044



Tabela 4 - Duração máxima da insolação diária em horas, nos vários meses do ano e latitude de 10°N e 40°S. Os valores correspondem ao 15º dia de cada mês. (valores de N).

LATITUDE	JAN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
10° N	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,7	12,6	12,4	12,2	11,9	11,7	11,5
8° N	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,6
6° N	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,5	12,4	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7
4° N	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,3	12,2	12,0	12,0	11,9	11,9
2° N	12,0	12,0	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	11,9
Equador	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
2° S	12,7	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2	12,2
4° S	12,3	12,2	12,1	12,0	11,9	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4
6° S	12,4	12,3	12,1	12,0	11,9	11,7	11,8	11,9	12,1	12,2	12,4	12,5
8° S	12,5	12,4	12,1	11,9	11,7	11,6	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6
10° S	12,6	12,4	12,1	11,9	11,7	11,5	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7
12° S	12,7	12,5	12,2	11,8	11,6	11,4	11,5	11,7	12,0	12,4	12,7	12,8
14° S	12,8	12,6	12,2	11,6	11,5	11,3	11,4	11,6	12,0	12,4	12,8	12,9
16° S	13,0	12,7	12,2	11,7	11,4	11,2	11,2	11,6	12,0	12,4	12,9	13,1
18° S	13,1	12,7	12,2	11,7	11,3	11,1	11,1	11,5	12,0	12,5	13,0	13,2
20° S	13,2	12,8	12,2	11,6	11,2	10,9	11,0	11,4	12,0	12,5	13,2	13,5
22° S	13,4	12,8	12,2	11,6	11,1	10,8	10,9	11,3	12,0	12,6	13,2	13,5
24° S	13,5	12,9	12,3	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,6	13,3	13,6
26° S	13,6	12,9	12,3	11,5	10,8	10,5	10,7	11,2	11,9	12,7	13,4	13,6
28° S	13,7	13,0	12,3	11,4	10,7	10,4	10,6	11,1	11,9	12,8	13,5	13,9
30° S	13,9	13,1	12,3	11,4	10,6	10,2	10,4	11,0	11,9	12,8	13,6	14,1
32° S	14,0	13,2	12,3	11,3	10,5	10,0	10,3	10,9	11,9	12,9	13,7	14,2
34° S	14,2	13,3	12,3	11,3	10,3	9,8	10,1	10,9	11,9	12,9	13,9	14,4
36° S	14,3	13,4	12,4	11,2	10,2	9,7	10,0	10,7	11,9	13,0	14,0	14,5
38° S	14,5	13,5	12,4	11,1	10,1	9,5	9,8	10,6	11,8	13,1	14,2	14,6
40° S	14,7	13,6	12,4	11,1	9,9	9,3	9,6	10,5	11,8	13,1	14,3	14,7

Tabela 5 - Valores de σT_a^4 (cal/cm². dia) para temperaturas entre 280,0 e 311,5 °K.

T _a	σT_a^4	T _a	σT_a^4	T _a	σT_a^4	T _a	σT_a^4
280,0	732	288,0	819	296,0	914	304,0	1017
280,5	737	288,5	825	296,5	921	304,5	1024
281,0	742	289,0	830	297,0	927	305,0	1031
281,5	747	289,5	836	297,5	933	305,5	1038
282,0	751	290,0	842	298,0	939	306,0	1044
282,5	756	290,5	848	298,5	946	306,5	1051
283,0	763	291,0	854	299,0	952	307,0	1058
283,5	769	291,5	860	299,5	958	307,5	1065
284,0	775	292,0	866	300,0	964	308,0	1072
284,5	781	292,5	872	300,5	970	308,5	1079
285,0	786	293,0	878	301,0	978	309,0	1086
285,5	792	293,5	884	301,5	984	309,5	1093
286,0	797	294,0	890	302,0	991	310,0	1100
286,5	803	294,5	896	302,5	998	310,5	1107
287,0	808	295,0	902	303,0	1004	311,0	1115
287,5	814	295,5	908	303,5	1010	311,5	1123

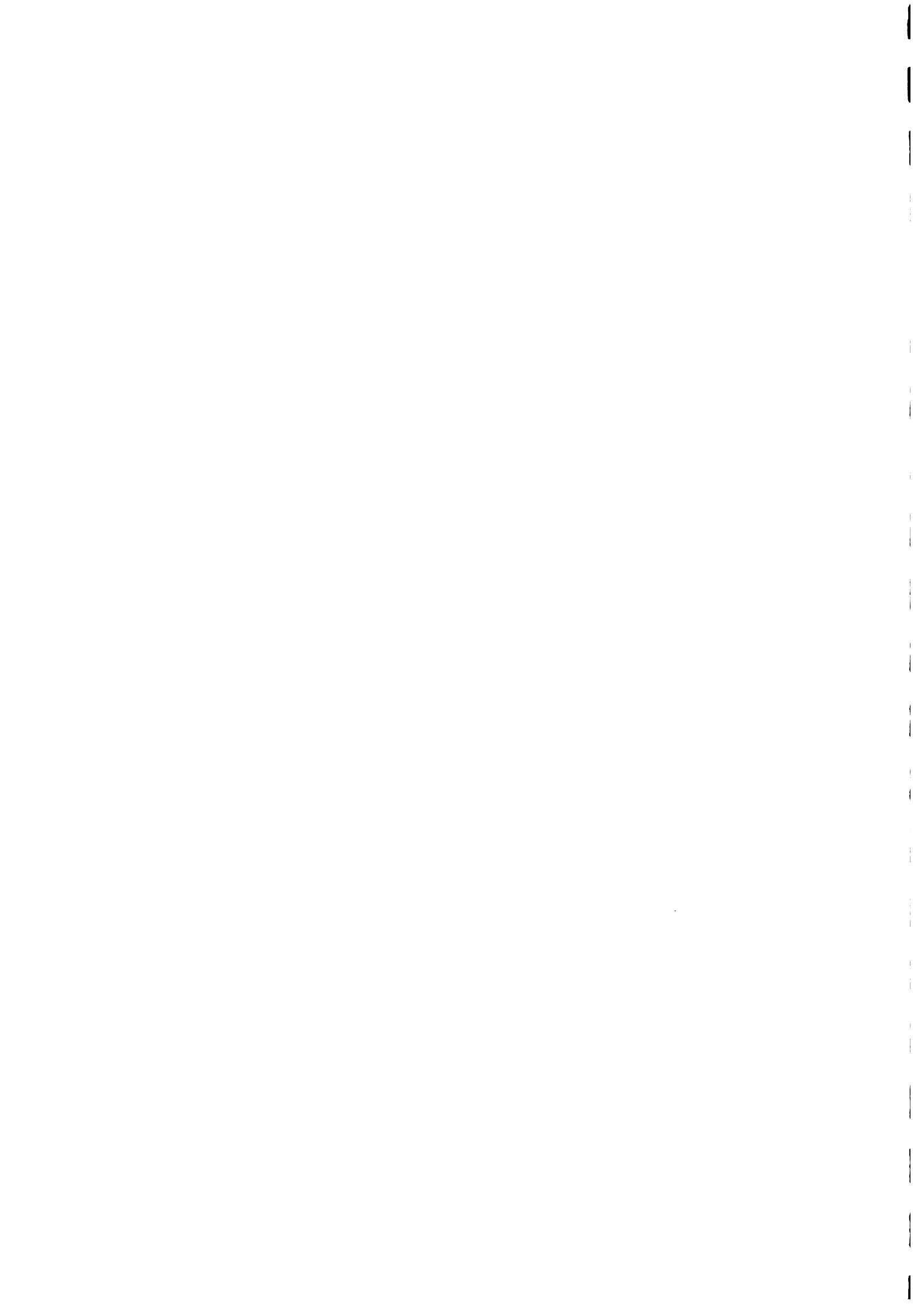
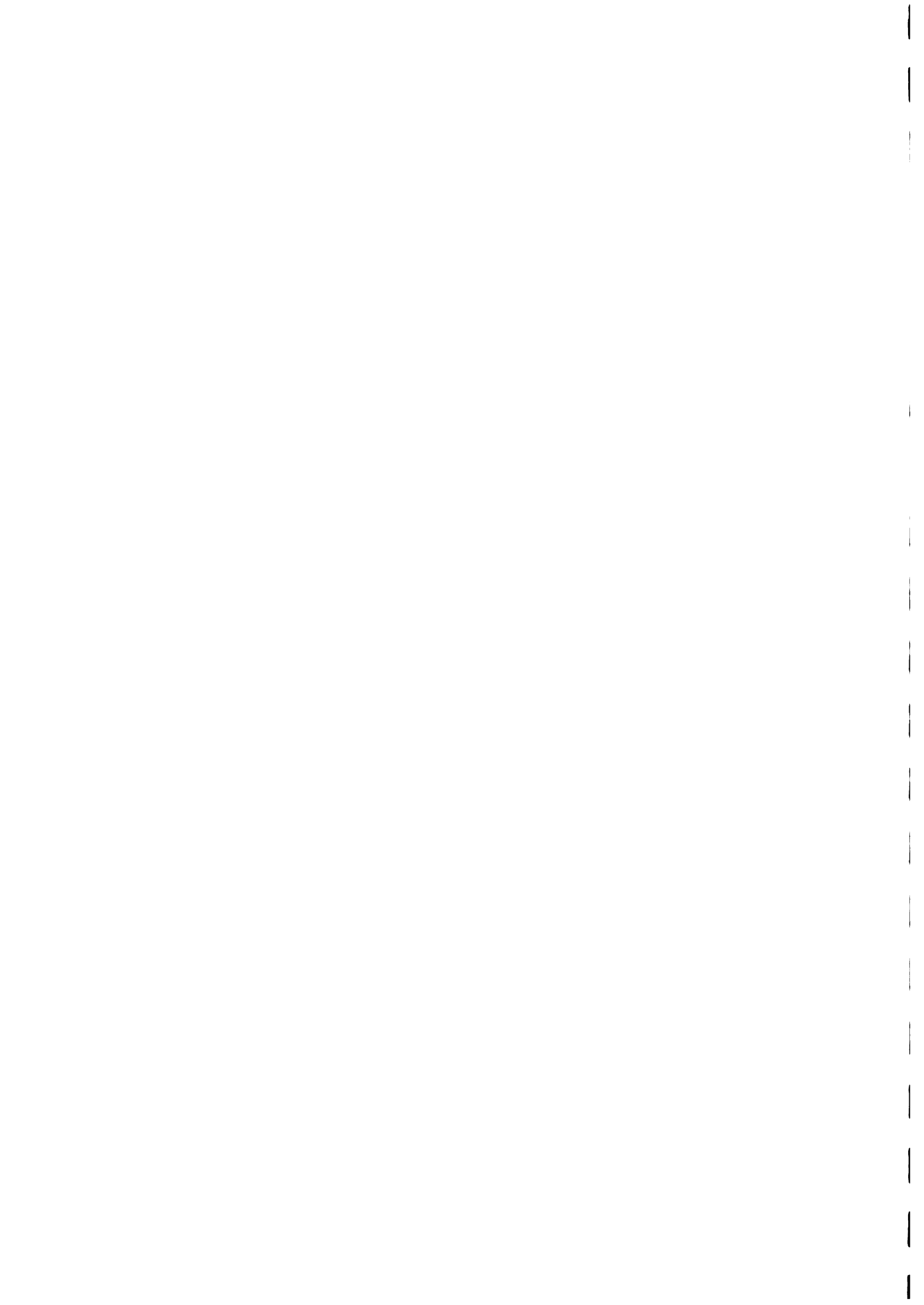


Tabela 6 - Tensão máxima do vapor, sobre água, em mm de Hg.

°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	4.58	4.61	4.65	4.68	4.72	4.75	4.79	4.82	4.86	4.89
1	4.93	4.96	5.00	5.03	5.07	5.11	5.14	5.18	5.22	5.26
2	5.29	5.33	5.37	5.41	5.45	5.49	5.53	5.57	5.61	5.65
3	5.69	5.73	5.77	5.81	5.85	5.89	5.93	5.97	6.02	6.06
4	6.10	6.14	6.19	6.23	6.27	6.32	6.36	6.41	6.45	6.50
5	6.54	6.59	6.64	6.68	6.73	6.78	6.82	6.87	6.92	6.97
6	7.01	7.06	7.11	7.16	7.21	7.26	7.31	7.36	7.41	7.46
7	7.51	7.57	7.62	7.67	7.72	7.78	7.83	7.88	7.91	7.99
8	8.05	8.10	8.16	8.21	8.27	8.32	8.38	8.44	8.49	8.55
9	8.61	8.67	8.73	8.79	8.85	8.91	8.97	9.03	9.09	9.15
10	9.21	9.27	9.33	9.40	9.46	9.52	9.59	9.65	9.71	9.78
11	9.84	9.91	9.98	10.04	10.11	10.18	10.24	10.31	10.38	10.45
12	10.52	10.59	10.66	10.73	10.80	10.87	10.94	11.01	11.09	11.16
13	11.23	11.31	11.38	11.45	11.53	11.60	11.68	11.76	11.83	11.91
14	11.99	12.07	12.14	12.22	12.30	12.38	12.46	12.54	12.62	12.71
15	12.79	12.87	12.95	13.04	13.12	13.21	13.29	13.38	13.46	13.55
16	13.63	13.72	13.81	13.90	13.99	14.08	14.17	14.26	14.35	14.44
17	14.53	14.62	14.72	14.81	14.90	15.00	15.09	15.19	15.28	15.38
18	15.48	15.58	15.67	15.77	15.87	15.97	16.07	16.17	16.27	16.37
19	16.48	16.58	16.69	16.79	16.89	17.00	17.11	17.21	17.32	17.43
20	17.54	17.64	17.75	17.86	17.97	18.09	18.20	18.31	18.42	18.54
21	18.65	18.77	18.88	19.00	19.11	19.23	19.35	19.47	19.59	19.81
22	19.83	19.95	20.07	20.19	20.32	20.44	20.57	20.69	20.82	20.94
23	21.07	21.20	21.32	21.45	21.58	21.71	21.85	21.98	22.11	22.24
24	22.38	22.51	22.65	22.79	22.92	23.06	23.20	23.34	23.48	23.62
25	23.76	23.90	24.04	24.18	24.33	24.47	24.62	24.76	24.91	25.06
26	25.21	25.36	25.51	25.66	25.81	25.96	26.12	26.27	26.43	26.58
27	26.74	26.90	27.06	27.21	27.37	27.54	27.70	27.86	28.02	28.19
28	28.35	28.51	28.68	28.85	29.02	29.18	29.35	29.53	29.70	29.87
29	30.04	30.22	30.39	30.57	30.75	30.92	31.10	31.28	31.46	31.64
30	31.82	32.01	32.19	32.38	32.56	32.76	32.93	33.12	33.31	33.50
31	33.70	33.89	34.08	34.28	34.47	34.67	34.86	35.06	35.26	35.46
32	35.66	35.87	36.07	36.37	36.48	36.68	36.89	37.10	37.31	37.52
33	37.73	37.94	38.16	38.37	38.58	38.80	39.02	39.24	39.46	39.68
34	39.90	40.12	40.34	40.57	40.80	41.02	41.25	41.48	41.71	41.94
35	42.18	42.41	42.64	42.88	43.12	43.36	43.60	43.84	44.08	44.32
36	44.56	44.81	45.05	45.30	45.55	45.80	46.05	46.30	46.56	46.81
37	47.07	47.32	47.58	47.84	48.10	48.36	48.63	48.89	49.16	49.42
38	49.69	49.96	50.23	50.50	50.77	51.05	51.32	51.60	51.88	52.16
39	52.44	52.73	53.01	53.29	53.58	53.87	54.16	54.45	54.74	55.03
40	55.32	55.61	55.91	56.21	56.51	56.81	57.11	57.41	57.72	58.03
41	58.34	58.65	58.96	59.27	59.58	59.90	60.22	60.54	60.86	61.18
42	61.50	61.82	62.14	62.47	62.80	63.13	63.46	63.79	64.12	64.46
43	64.80	65.14	65.48	65.82	66.16	66.51	66.86	67.21	67.56	67.91
44	68.26	68.61	68.97	69.33	69.69	70.05	70.41	70.77	71.14	71.51



Dados obtidos em tabela:

$$Q_0 = 990 \text{ cal/cm}^2 \text{ por dia (21}^\circ 48' \text{S - janeiro) tab 3}$$

$$N = 13,4 \text{ h (21}^\circ 48' \text{S - janeiro) tabela 4}$$

$$e_s = 25,36 \text{ mm Hg - (21,1}^\circ \text{C) - tabela -6}$$

$$\gamma T_a^4 = 952 \text{ cal/cm}^2 \text{ dia - (299,1}^\circ \text{K) - tabela 5}$$

$$\frac{\Delta}{\gamma} = 3,0 - (26,1^\circ \text{C) - tabela 2}$$

Cálculos :

$$\text{a) } \frac{n}{N} = \frac{5,3 \text{ h}}{13,4 \text{ h}} = 0,4$$

$$\text{b) } e_a = \frac{UR}{100} \times e_s = \frac{77}{100} \times 25,36 \text{ mm Hg} = 19,52 \text{ mm Hg}$$

$$\text{c) } H = \frac{990}{59} (0,25 + 0,50 \times 0,4) (1 - 0,25) - \frac{952}{59} \times \\ \times (0,56 - 0,09 \sqrt{19,52}) \times (0,1 + 0,9 \times 0,4) = 4,46 \text{ mm}$$

$$\text{d) } E_a = 0,35 \left(1 + \frac{184,8}{160}\right) (25,36 - 19,52) = 4,38 \text{ mm}$$

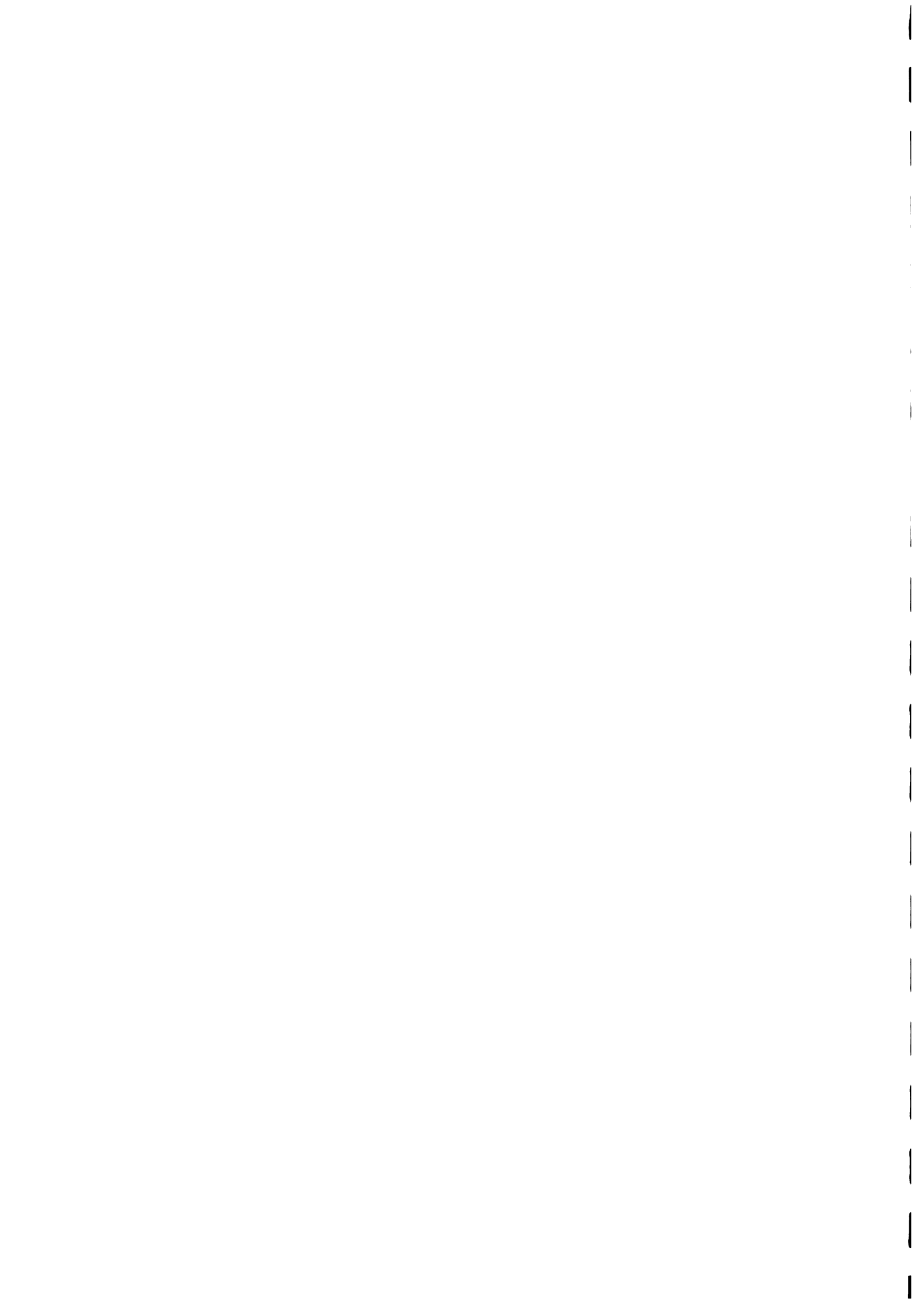
$$\text{e) } ET_0 = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} H + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} = \frac{3,0 \times 4,46 + 4,38}{3,0 + 1} = 4,44 \text{ mm/dia}$$

3.1.3 Método de Hargreaves

Este método é recomendado para regiões áridas, onde, segundo o autor, deu bons resultados.

A fórmula, com unidades e símbolos convencionais é a seguinte:

$$ET_0 = R_A (0,0101 t + 0,18) (n/N)^{1/2} \times d \quad (6)$$



onde:

\bar{ET}_O = Evapotranspiração de referência (mm/mês)

t = Temperatura média mensal (°C)

n = nº de horas de insolação (média mensal)

N = nº de horas possíveis de insolação (tab. 4)

R_A = Energia solar no topo da atmosfera (tab.7)
em mm/dia

d = nº de dias do mês

Para locais onde não se dispõe de informações de heliôgrafos, o autor recomenda que a estimativa de n/N pode ser obtida em função da umidade relativa de acordo com a relação:

$$n/N = 0,115 (100 - UR\%)^{1/2} \quad (7)$$

sendo:

UR% = umidade relativa média mensal.

Exemplo de aplicação

Estimar o valor da \bar{ET}_O mensal, em local onde são observados os dados:

latitude = 21° 48'S

t = 26,1 °C

n = 5,3 h

mês de janeiro

d = 31 dias

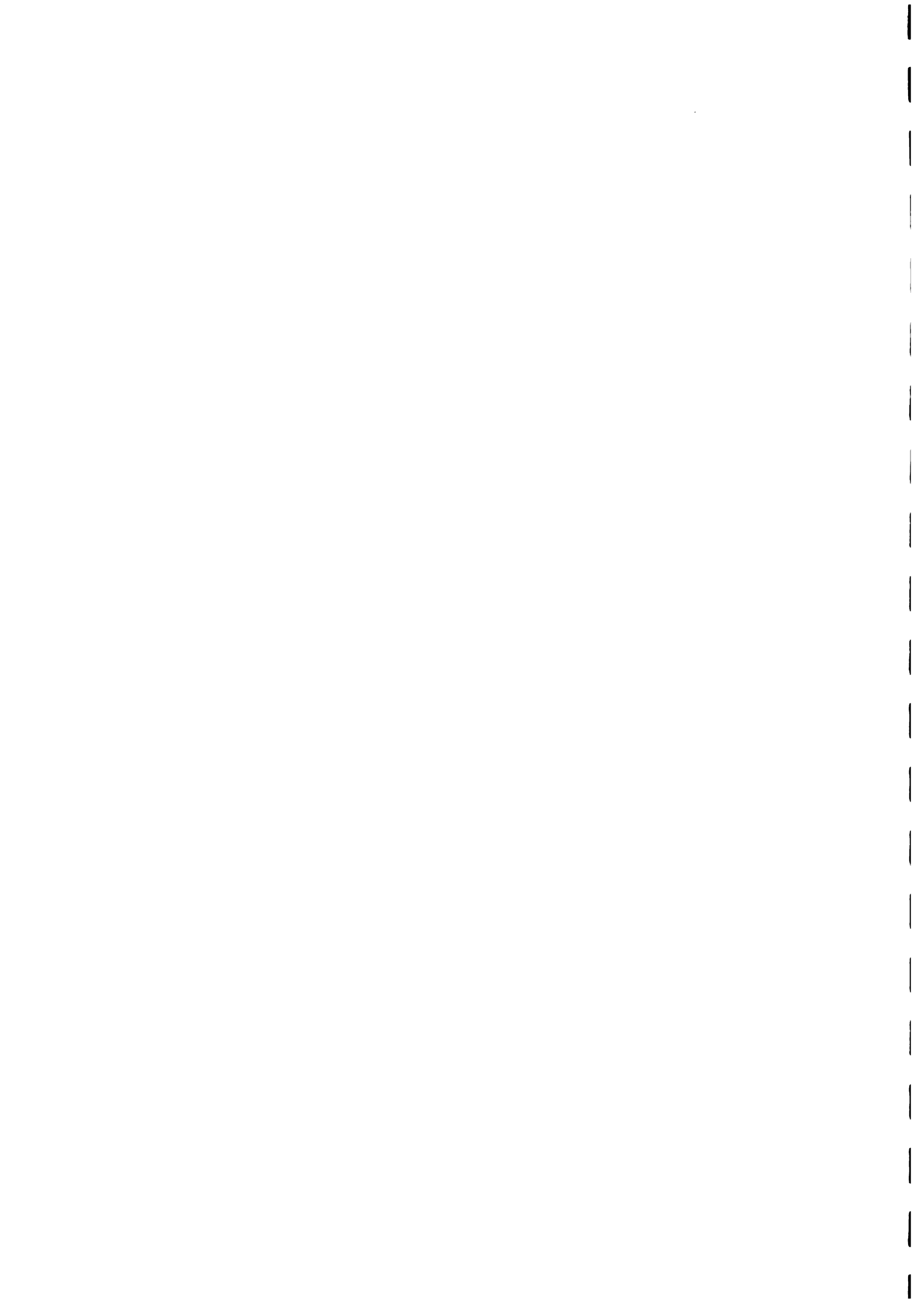
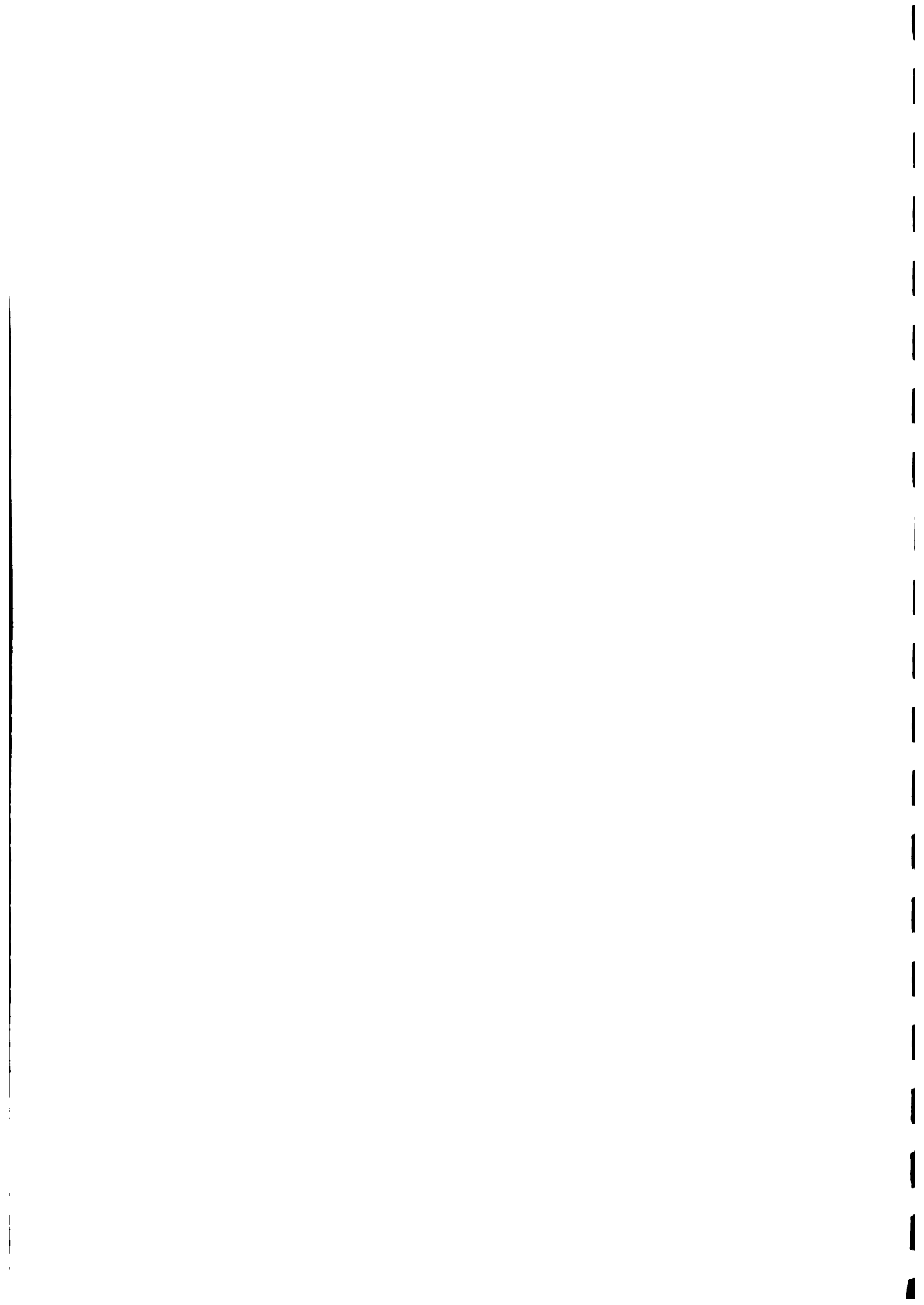


Tabela 7 - Radiação extra terrestre (Ra) expressa em evaporação equivalente em mm/dia.

Lat	Northern Hemisphere (Hemisf. Norte)												Southern Hemisphere (Hemisf. Sul)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
40°	6.4	6.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
38	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
32	8.3	10.2	12.9	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
28	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.9
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.9	14.6	13.0	11.1	10.2	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.9	17.0	17.4
18	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
16	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.9
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.9	16.5	16.5
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.9	16.4	16.5
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	16.1	16.1	15.6	14.3	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.6	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8



Solução

$$a) N = -13,4 \text{ (tabela 6)}$$

$$b) R_A = 17,4 \text{ mm/dia (tabela 7)}$$

$$ET_o = 17,4 (0,101 \times 26,1 + 0,18) \left(\frac{5,3}{13,4} \right)^{1/2} \times 31$$

$$ET_o = 150,4 \text{ mm/mês}$$

3.2. Estimativa da ET_m

A ET_m será obtida multiplicando-se o valor de ET_o do período, determinada por qualquer um dos três métodos propostos ou por outros, por um fator de correção (K_c) que depende do estágio de desenvolvimento da cultura. A fórmula é a seguinte:

$$ET_m = K_c \times ET_o \quad (8)$$

O valor de K_c é obtido experimentalmente através de dados de evapotranspirômetros, onde a cultura se desenvolve sem nenhuma restrição de umidade. Na tabela 8, são apresentados os valores de K_c recomendados pela F.A.O para diversas culturas e seus diferentes estágios de crescimento.

Para a região Norte-Fluminense, para a cultura da cana-de-açúcar, poderão ser usados os valores de K_c determinados por Tuler et alii; que são apresentados na tabela 9.

Exemplo de aplicação

Calcular a ET_m para a cultura da cana-de-açúcar, para o mês de janeiro (cana com 1 ano), sabendo-se que:

$$ET_o = 150,4 \text{ mm}$$

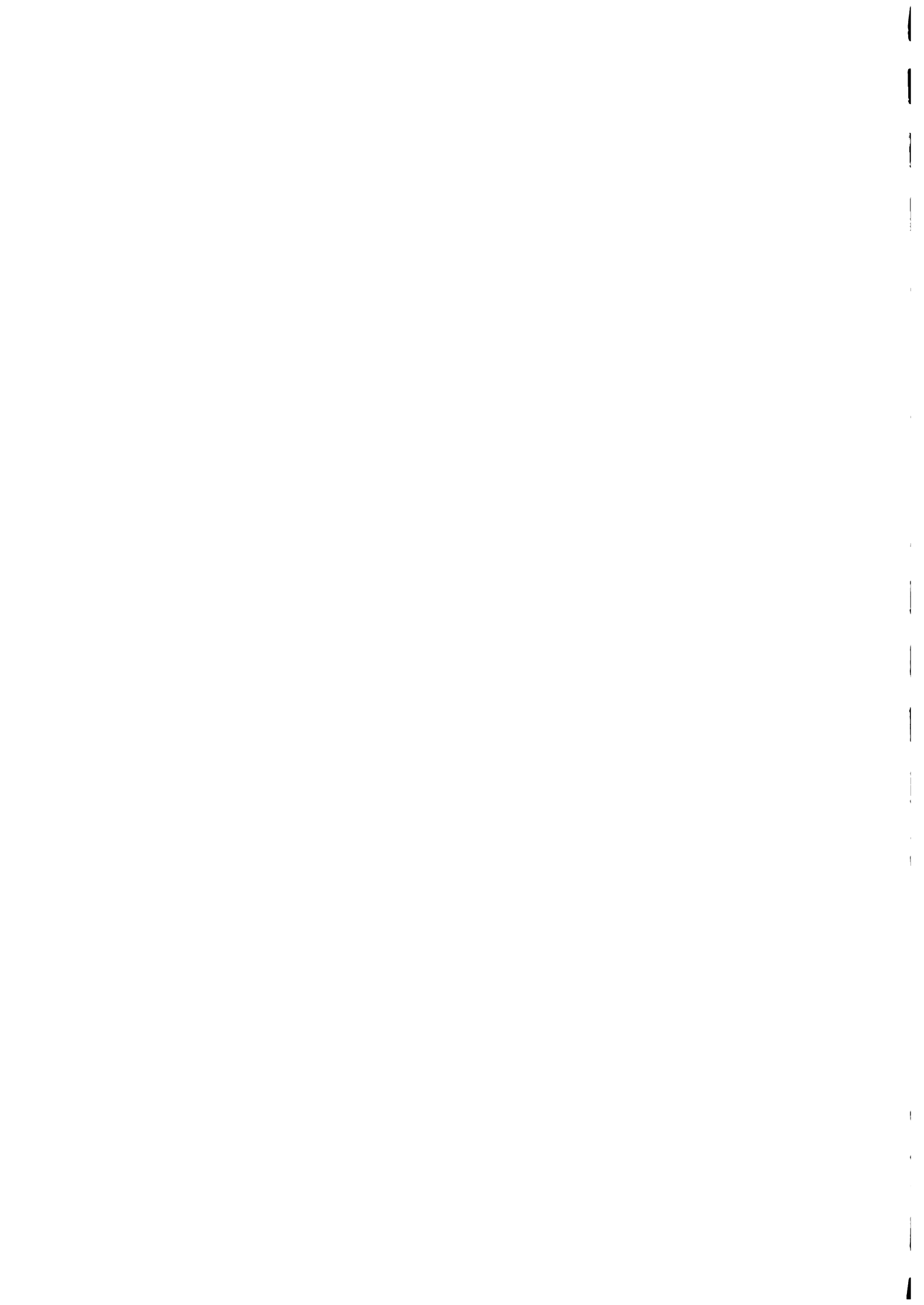


Tabela 8 - Coeficiente de Cultura (Kc).

Cultura	Estágios de desenvolvimento da cultura					Período total de crescimento
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	
Banana						
tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
subtrop.	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Faijão						
verde	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
seco	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Repolho	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Algodão	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Amendoim	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Milho						
verde	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
grãos	0.3 -0.5	0.8- 0.85	1.05-1.2	0.8 -0.95	0.55-0.6	0.75-0.9
Cebola						
seca	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
verde	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Ervilha(fr.)	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Pimenta(fr.)	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Batata	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Arroz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Açafrão	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgo	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0- 1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Beterraba	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Cana-de-aç.	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Fumo	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.95	0.6 -0.65	0.75-0.9
Melancia	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Trigo	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Alfafa	0.3 -0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Cítricas						
contr.erv						0.65-0.75
sem contr						0.85-0.9

Primeiro número: Sob alta umid. (URmin > 70%) e vento fraco (U < 5m/s).

Segundo número: Sob baixa umid. (URmin < 20%) e vento forte (> 5m/s)

Caracterização dos estágios: Estágio I - emergência até 10% do desenv. veget. (DV)
 Estágio II - 10% do DV até 80% do DV
 Estágio III - 80% do DV até 100% DV (inclus. frutos formados)

Estágio IV - maturação

Estágio V - colheita



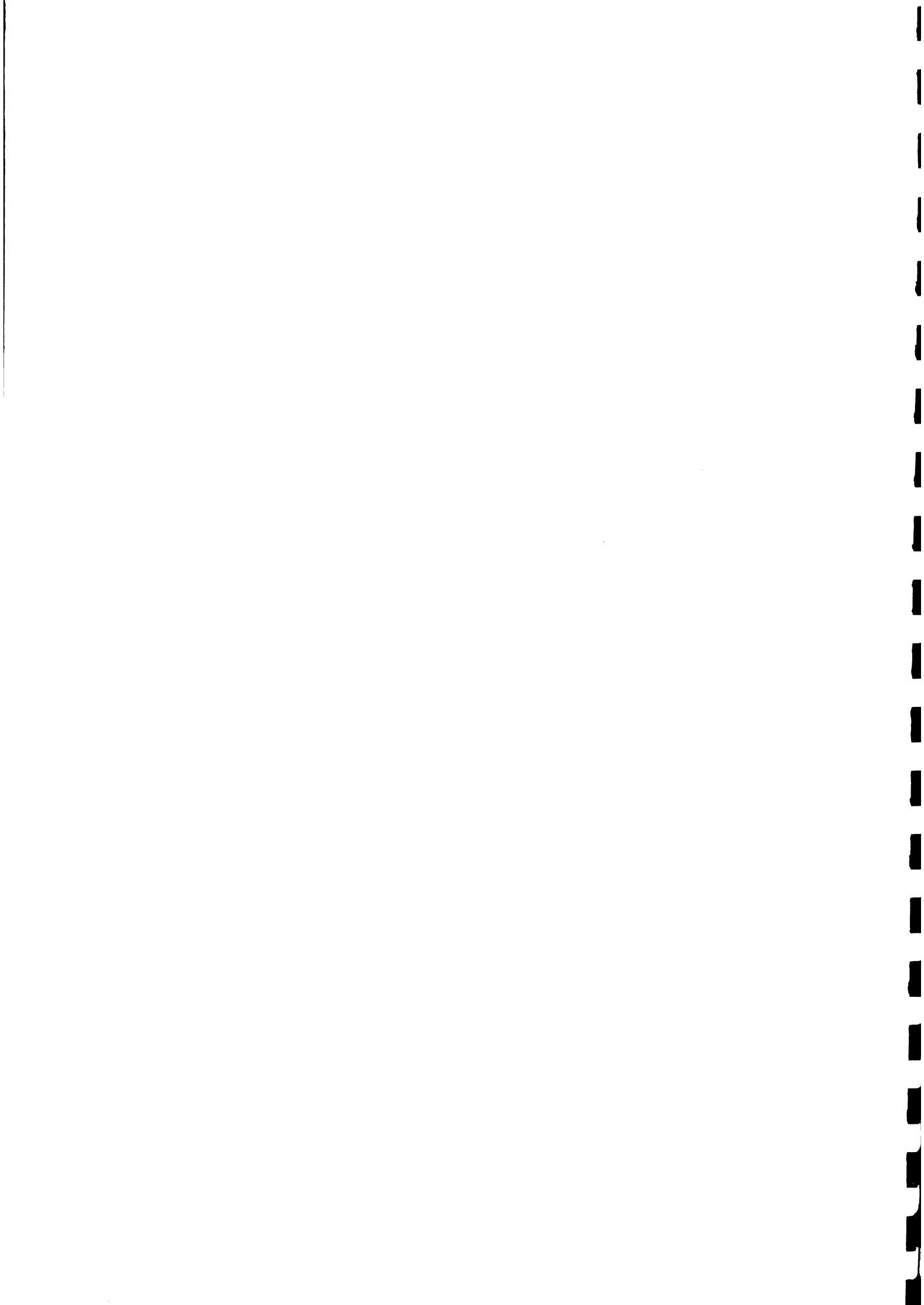
Tabela 2. - Valores do coeficiente Kc para cana-planta e socas *

Mes de plântio	CANA PLANTA																										
	J	F	M	A	S	O	N	D	J	F	M	A	S	O	N	D	J	F	M	A	S	O	N	D			
Janeiro	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	-	-	-
Fevereiro	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,5	-	-
Março	-	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	-
Abril	-	-	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
Maió	-	-	-	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
Junho	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
Julho	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
Setembro	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
Outubro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
Novembro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
Dezembro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5

SOCAS

Mes de Corte	SOCAS																									
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D							
Junho	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Julho	-	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Setembro	-	-	-	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7	0,7	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outubro	-	-	-	-	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembro	-	-	-	-	-	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dezembro	-	-	-	-	-	-	0,7	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Valores adaptados para a região Norte Fluminense.



Solução:

$$Kc = 1,0 \text{ (tabela 8) estágio III}$$

$$ET_m = 150,4 \times 1,0 = 150,4 \text{ mm}$$

4. CÁLCULO DA DEMANDA LÍQUIDA DE IRRIGAÇÃO

A demanda líquida de irrigação é calculada com base num balanço de água no campo. As variáveis são: a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), as chuvas (P), a contribuição do lençol freático (G) e a quantidade de água armazenada no solo no início da cada período (AD). A relação entre estas variáveis é a seguinte:

$$Dl = ET_m - (P + G + AD) \quad (9)$$

perdas ganhos

Na prática, porém, como a contribuição do lençol freático e a água disponível no solo são de difícil avaliação, a expressão se reduz a:

$$Dl = ET_m - P \quad (10)$$

sendo todas as variáveis expressas em mm para um determinado período. Este período pode ser sazonal, mensal ou decendial.

4.1. Probabilidade de Ocorrência de Chuvas

Para se estimar a contribuição das chuvas num determinado período, é necessário uma análise da probabilidade de ocorrência das mesmas, de maneira que a precipitação ocorra com a frequência pretendida, num determinado número de anos.



Em geral escolhe-se os valores que ocorrem com uma probabilidade de 80%. Isto é, há uma probabilidade de que a precipitação ocorra em 80% dos anos de um determinado período.

Um método simples para esta determinação, sugerido pela F.A.O., é o seguinte:

- a) tabula-se os dados de chuva de um período, durante uma série de anos.
- b) dispõem-se os dados com os valores em ordem decrescente, recebendo cada um, o nº de ordem (M)
- c) Usando-se a fórmula $P\% = \frac{100M}{N+1}$, onde M é o nº de ordem e N o nº de dados existentes, tabula-se os valores de P% ao lado do nº de ordem.

Exemplo de aplicação

dados:

Precipitação ocorrida em janeiro, em Campos (Usina São José), no período de 1961-1980.

Ano	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Chuva (mm)	192	269	18	222	180	230	128	107	158	140

Ano	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Chuva (mm)	65	43	78	55	213	20	46	389	37	185



Solução: N = 20

P%	M	Chuva (mm)	P%	M	Chuva
4,7	1	389	52,4	11	128
9,5	2	269	57,1	12	107
14,3	3	230	61,9	13	78
19,0	4	222	66,7	14	65
23,8	5	213	71,4	15	55
28,6	6	192	76,2	16	46
33,3	7	185	80,9	17	43
38,0	8	180	85,7	18	37
42,8	9	158	90,5	19	20
47,6	10	140	92,5	20	18

$$P\% = \frac{100 \times 1}{20 + 1} = 4,7 \quad \text{para } M = 1$$

Portanto, adotando-se uma probabilidade de ocorrência de 80%, a precipitação escolhida será 43 ou 44 mm.

Este estudo será feito para todos os meses que abrangem o ciclo da cultura, de maneira que se possa determinar o mês em que a demanda de água será máxima.

4.2. Determinação da Chuva Efetiva

Além de se determinar a probabilidade de ocorrência é necessário estimar, ainda, a chuva efetiva, isto é, a quantidade de chuva que estará efetivamente disponível para a cultura. A chuva efetiva é dependente das características de armaz



amento do solo, da topografia, da intensidade da precipitação e da evapotranspiração da cultura.

Um método simples para a determinação da chuva efetiva é apresentado na tabela 10, conforme proposto pelo SCS do USDA, em 1969.

Quando o solo tiver capacidade de retenção maior ou menor que 75 mm, no momento da irrigação, usa-se os fatores de correção a seguir:

Capacidade de armazenamento do solo - mm	20	25	37,5	50	62,5	75
Fator de Correção	0,73	0,77	0,86	0,93	0,97	1,00
Capacidade de amazanamento do solo - mm	100	125	150	175	200	
Fator de correção	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08	

Exemplo de aplicação

Chuva do período = 100 mm

ETm = 150 mm

a) Chuva efetiva = 74 mm para solo com 75 mm de armazenamento (tabela 10)

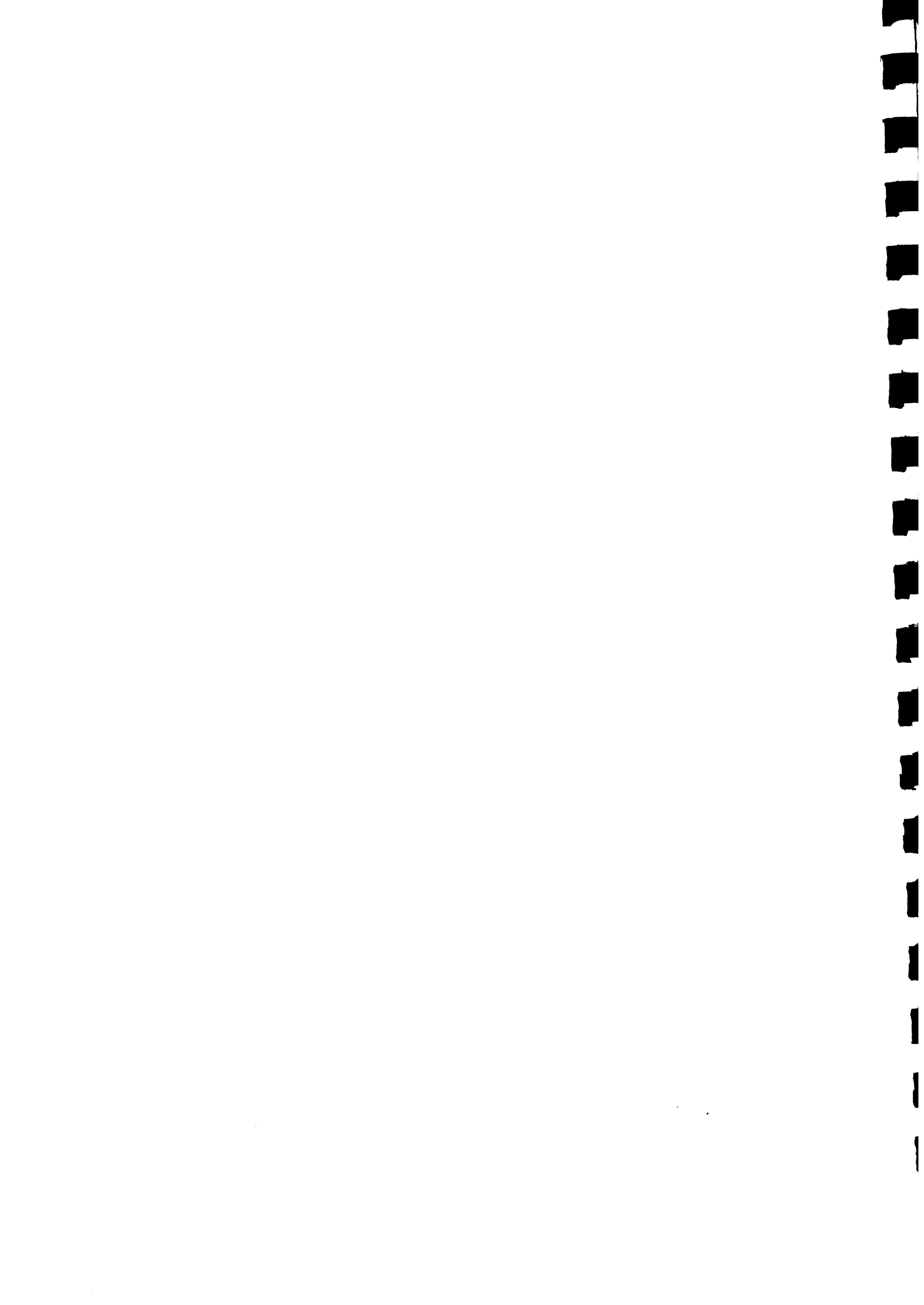
b) Chuva efetiva = $74 \times 1,06 = 78,4$ mm, para solo com 150 mm de armazenamento.



Tabela 10 - Chuvas efetivas mensais (em mm) para solo com retenção de 75 mm.

Chuva média mensal - mm.	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
25	8	16	24													
50	8	17	25	32	39	46										
75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	105	115	124	132	141	150	159
250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

(mm) Média mensal



5. CÁLCULO DA DEMANDA BRUTA DE IRRIGAÇÃO

Além de suprir as necessidades líquidas de irrigação da cultura (D_l) a água a ser bombeada deverá ser suficiente também para compensar as perdas ocorridas na condução e distribuição.

Assim, para o cálculo da demanda bruta será considerada a eficiência do sistema de irrigação adotado. Portanto a demanda bruta será:

$$D_b = \frac{D_l}{E_i} , \text{ sendo } E_i = \text{Eficiência de irrigação} \quad (11)$$

Para o caso de sistemas de irrigação por superfície, as seguintes recomendações são propostas pelo USDA:

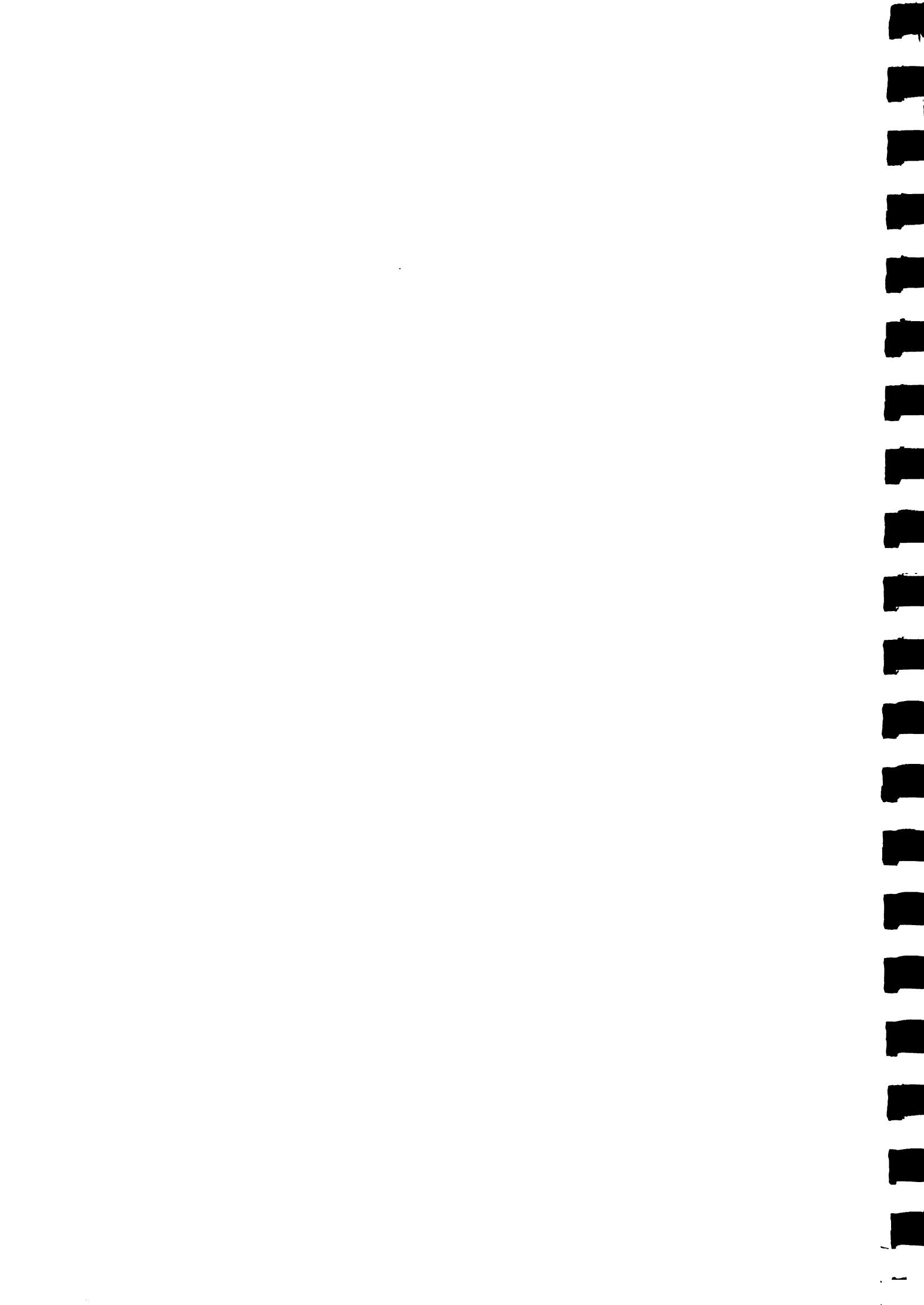
- Solos leves - 0,55
- Solos médios - 0,70
- Solos pesados - 0,60

Para pequenas áreas, geralmente adota-se para a irrigação por sulcos a eficiência de irrigação = 0,50.

Para dimensionamento do sistema de bombeamento, será utilizado o valor do mês de maior demanda bruta, durante o ciclo da cultura.

Exemplo de aplicação

Determinar a demanda bruta de irrigação para uma cultura de cana soca, cujas demandas líquidas mensais são as seguintes:



Mês	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Demanda Líquida (mm)	20	30	40	50	50	20	-	40	120	60	40	-

Solução

Considerando-se a irrigação por sulcos de infiltração, com eficiência de 50%, a demanda bruta do mês de maior demanda será:

$$D_b = \frac{120}{0,5} = 240 \text{ mm}$$

A demanda bruta mensal, será convertida na vazão de bombeamento do projeto, necessitando-se para isso das seguintes informações:

- nº de dias do mês
- nº de horas de trabalho/dia
- área a ser irrigada

Assim, a vazão será calculada pela seguinte fórmula:

$$Q = \frac{D_b \times 10 \times A}{hd \times n} \quad (12)$$

Onde:

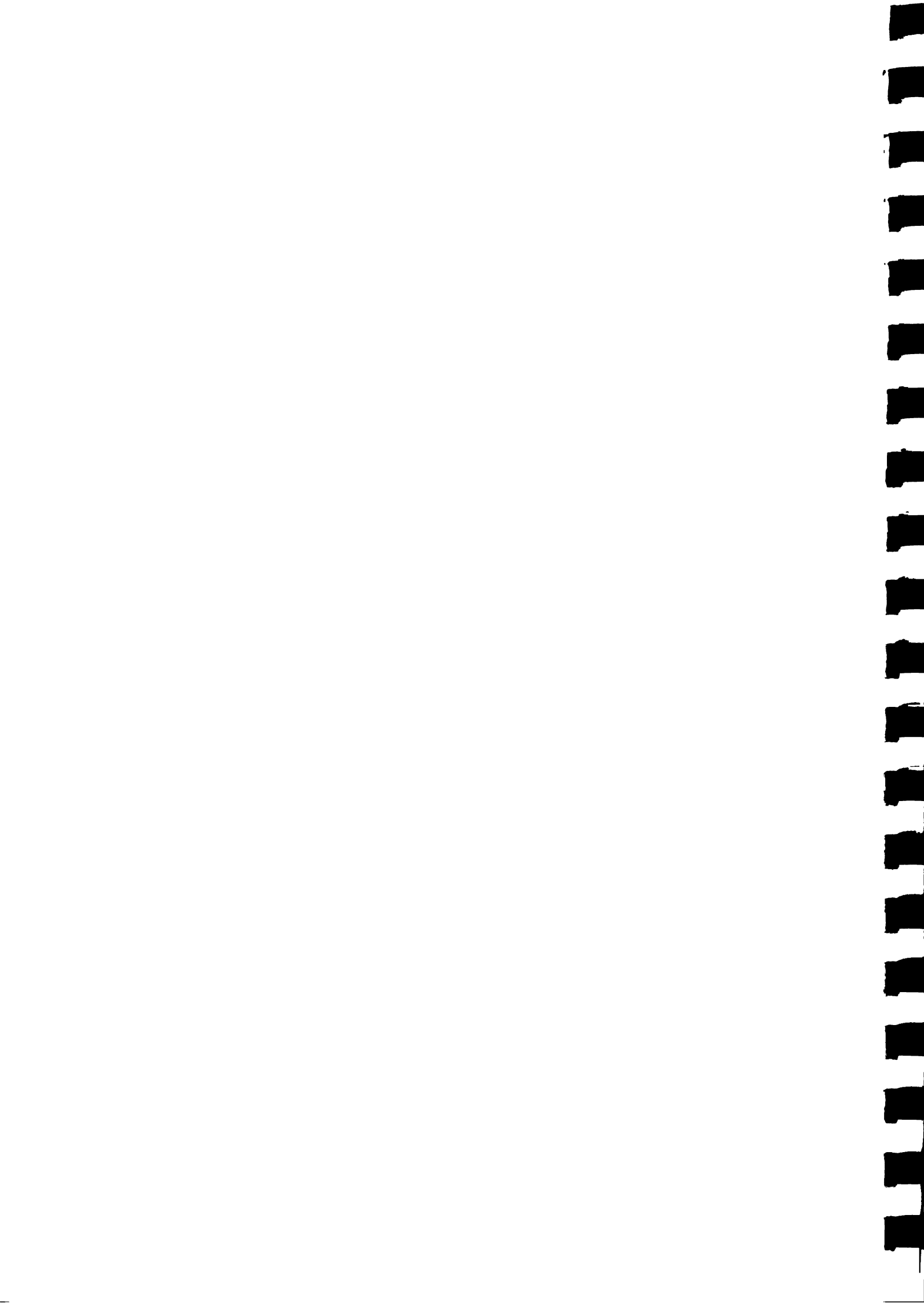
Q = Vazão, em m³/h

D_b = Demanda bruta, em mm/mês

A = Área a ser irrigada, em ha

hd = nº de horas de trabalho/dia

n = nº de dias do mês



Exemplo de aplicação

Qual a vazão de um projeto de irrigação para uma área de 20 ha, cuja demanda bruta do mês de máxima demanda (fevereiro) é 240 mm, sabendo-se que a bomba trabalhará 10h/dia.

Solução

$$D_b = 240 \text{ mm}$$

$$A = 20 \text{ ha}$$

$$h_b = 10 \text{ h/dia}$$

$$n = 28 \text{ (fevereiro)}$$

$$Q = \frac{240 \times 10 \times 20}{10 \times 28} = 171,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

6. EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO

Determinar a vazão de projeto, para irrigar uma área de 40 ha, com cana-de-açúcar, localizada nas proximidades da Faz. Marrecas (Us. Santo Amaro), sendo que os seguintes dados são disponíveis:

a) Evaporação do tanque Classe A, umidade relativa do ar e ventos. Dados médios de 1975 a 1980.

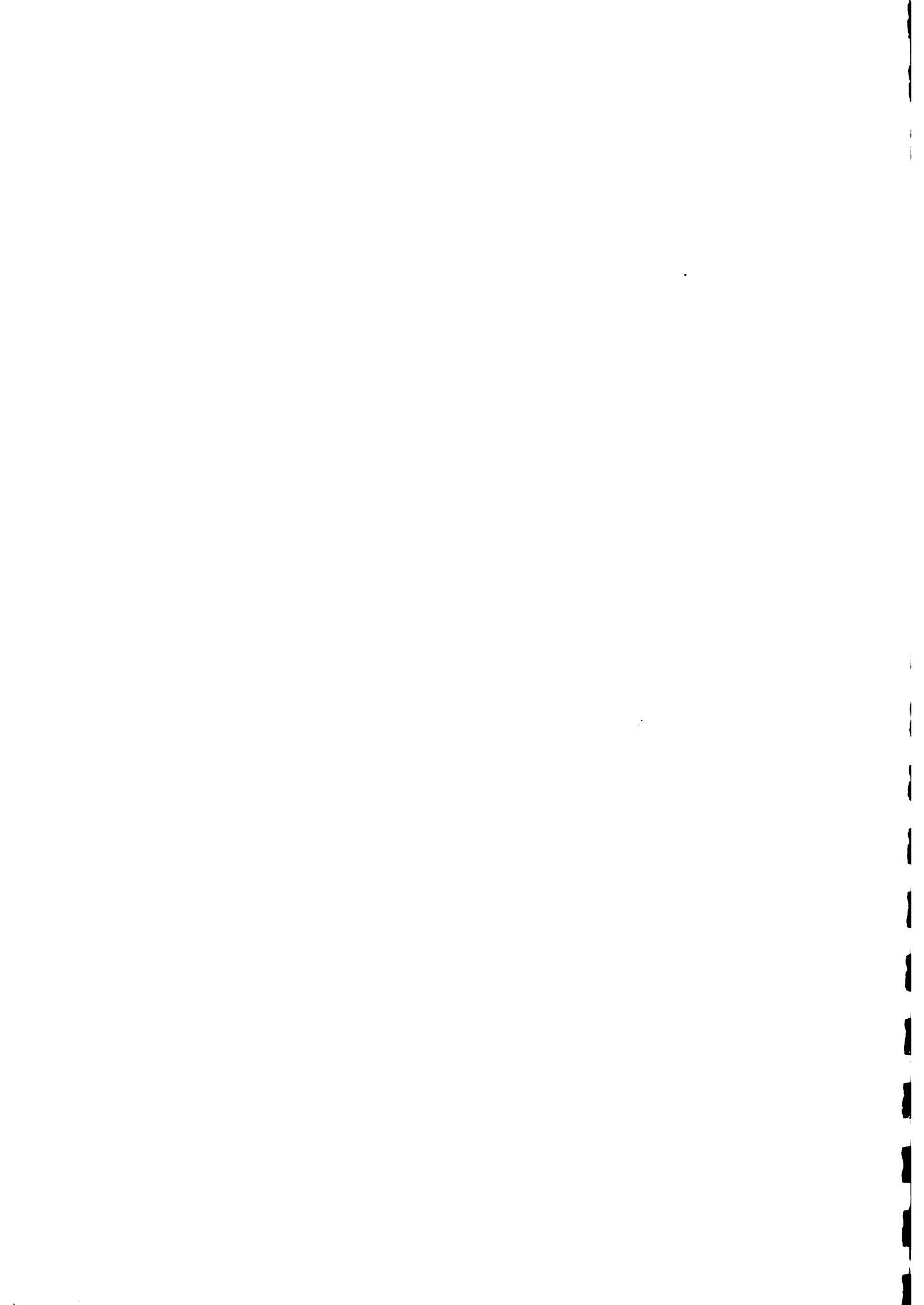
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
ECA (mm)	196	211	241	164	160	111	126	167	173	221	246	250
Ventos Km/dia	281	338	285	201	206	170	285	273	360	350	348	278
UR %	79	80	78	81	84	83	83	81	83	83	82	78



- b) Chuvas = Vide quadro 1, em anexo
- c) Latitude = 22°S
- d) Posto climatológico gramado, com 10 m de bordadura
- e) Temperatura média = 25°C
- f) Capacidade de armazenamento do solo = 100 mm
- g) Horas de operação/dia = 10 h
- h) dias de operação/mês = 28 d
- i) Cana plantada em fevereiro e que será colhida em julho do ano seguinte

Solução

O exercício será resolvido em classe.



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

- 1- ASSOC. BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, Brasília. Dicionário de termos técnicos de irrigação e drenagem. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 615p.
- 2- DOOREMBOS, J. & PRUITT, W.O. Crop Water requirements. Rome, FAO, 1977. 179p. (Irrigation and drainage paper, 24)
- 3- DOOREMBOS, J. & KASSAM, A. H. Yield Response to water. Rome, FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage paper, 33).
- 4- TULER, V.V. et alii. Determinação da evapotranspiração da cana-de-açúcar em solo tabuleiro. Campos, 1981. 22p. Trabalho apresentado no 2º Congresso Nacional da STAB, Rio de Janeiro, 1981.
- 5- Determinação da evapotranspiração da cana-de-açúcar em solo de baixada. Campos, 1981. 18p. Trabalho apresentado no 2º Congresso Nacional da STAB, Rio de Janeiro, 1981.
- 6- VILLA NOVA, N.A. & BARBIERI, V. Principais métodos climáticos de estimativa da quantidade e frequência de aplicação de água em cana-de-açúcar. Araras, 1981 (mimeografado)

FECHA DE DEVOLUCION

4 JUL 1985			
28/7/89			

IICA
P12
47
Autor

Título Aspectos de agua e clima

Fecha Devolución

Nombre del solicitante

4 JUL 1985
28/7/89

Willet au
Cronopol

