

BALANÇO HÍDRICO DE UM SOLO PODZOLIZADO DE LINS E MARÍLIA CULTIVADO COM CAFEIROS (1)

ANTONIO ROBERTO PEREIRA (2)

RESUMO

O balanço hídrico de um solo podzolizado de Lins e Marília cultivado com cafeeiros de diferentes idades e tamanhos, ou seja, 'Mundo Novo' com livre crescimento (18 anos; altura - 3m), 'Mundo Novo' recepado (3 anos; altura - 2m) e 'Catuaí' (4 anos; altura - 1,5m), foi realizado no período entre duas colheitas (1971/72), na Estação Experimental de Pindorama, utilizando a técnica de moderação de nêutrons até 2,4m de profundidade. Este tipo de solo reteve cerca de 1mm de água por centímetro de profundidade quando submetido à tensão de 15atm. A ocorrência de uma camada adensada entre 60 e 90cm de profundidade ajudou a reter a umidade na parte superior do solo, dificultando a drenagem profunda. Os armazenamentos mínimo e máximo observados representaram, respectivamente, 500 e 620mm para o 'Catuaí', 460 e 600mm para o recepado, e 390 e 590mm para o livre crescimento. De modo geral, pode-se dizer que: (a) o lote com livre crescimento evapotranspirou 97% do total de chuva e não contribuiu efetivamente com os reservatórios subterrâneos; (b) o recepado evapotranspirou 94% do total de chuva e teve uma drenagem profunda efetiva de 55mm; (c) o 'Catuaí' evapotranspirou 88% do total de chuva e teve uma drenagem profunda efetiva de 152,6mm.

Termos de indexação: cafeeiro, solo podzolizado, evapotranspiração, drenagem profunda, armazenamento de umidade.

(1) Trabalho parcialmente financiado pelo Convênio IAC/IBC-DAC. Recebido para publicação em 27 de fevereiro de 1986.

(2) Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001 Campinas (SP).

1. INTRODUÇÃO

A camada superficial do solo é importante no ciclo hidrológico, pois é ali que ocorre interação entre a água da atmosfera e a água subterrânea, através dos processos de evaporação, transpiração, precipitação, irrigação, escoamento superficial e drenagem profunda. Essa camada sustenta todas as atividades agrícolas para as quais a água é o recurso natural mais limitante.

O solo funciona como um reservatório ativo que impõe restrições à utilização de seu conteúdo, limitando o fluxo de água das camadas inferiores para a superfície e desta para a atmosfera. A restrição de fluxo para a superfície reduz a evaporação tão logo o teor de umidade da superfície diminua até um valor crítico, economizando água para as plantas. Em condições de alta pluviosidade, pode ser importante a quantidade de água que deixa a camada superficial do solo e atinge camadas mais profundas. Essa drenagem profunda, responsável pela recarga dos reservatórios subterrâneos, é freqüentemente desprezada em estudos de balanço hídrico: no entanto, ela pode chegar à mesma ordem de grandeza da evapotranspiração (VACHAUD et alii, 1973; PEREIRA et alii, 1974).

O uso da água do solo é um processo essencialmente energético, sendo modificado pelo tipo de planta, porcentagem de cobertura da superfície, arquitetura da planta, área foliar e sua distribuição, estágio de desenvolvimento da cultura, disponibilidade de nutrientes, tipo de solo e fatores atmosféricos, que afetam a absorção e distribuição da energia pela superfície evaporante.

O presente trabalho tem por objetivo descrever o balanço hídrico de um solo podzolizado Lins e Marília, variação Marília, cultivado com diferentes tipos de cafeeiros e no período entre duas colheitas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 1971/72 na Estação Experimental de Pindorama, do Instituto Agrônomo, em solo classificado como Podzolizado de Lins e Marília, variação Marília (LEPSCH & VALADARES, 1976), situada na latitude de 21°10'S., longitude 48°54'W., e altitude de 560m.

Foi utilizado um lote de 1.024 covas do cultivar Mundo Novo, no espaçamento 3 x 3m; 672 covas haviam sido recepadas três anos antes e as demais 352, mantidas com livre crescimento (18 anos). Utilizou-se também outro lote com cerca de 300 covas do 'Catuaí', no espaçamento 3 x 2m, e com quatro anos. Durante o experimento, tanto as plantas recepadas como as do 'Catuaí' cobriam aproximadamente 50% da superfície do solo, enquanto as com livre crescimento cobriam cerca de 70%. As plantas com livre crescimento tinham aproximadamente 3m de altura, as recepadas, cerca de 2m, e as do 'Catuaí', menos de 1,5m.

O terreno com 'Mundo Novo' era plano, enquanto aquele com 'Catuaí' tinha declive menor que 3%. Nessas condições pode-se considerar o solo como um reservatório cujas trocas sejam apenas verticais, isto é, o escoamento superficial e a drenagem lateral são desprezíveis.

Considerando os caminhos que a água da chuva possa tomar e aplicando o princípio da conservação de massa num volume de solo com vegetação, tem-se a equação do balanço hídrico, isto é:

$$P = \Delta M + D + E, \quad (1)$$

onde P representa a chuva; ΔM , a variação no armazenamento; D, a drenagem profunda, e E, a evapotranspiração. A chuva foi medida com pluviômetro instalado em área adjacente aos lotes. A variação no armazenamento foi estimada através da variação do perfil hídrico medido mensalmente com a técnica de moderação de nêutrons, sendo observados os teores de umidade a cada 30cm até a profundidade de 2,4m. Neste tipo de solo, a maior parte do sistema radicular do cafeeiro se encontra nos primeiros 80cm, havendo, porém, quantidade significativa de radículas até 130cm, com algumas chegando até 190cm (FRANCO & INFORZATO, 1946). Para acesso da sonda de nêutrons foram instalados, em cada lote, três tubos de alumínio sem costura entre as plantas na linha de plantio.

A drenagem profunda foi estimada segundo metodologia descrita por ROSE (1966) e modificada por BLACK et alii (1969), que supõe que na profundidade Z a drenagem é proporcional ao armazenamento na camada acima de Z, e que nesta profundidade o gradiente de potencial total é unitário. As características hídricas da camada mais profunda do perfil foram determinadas em laboratório e a condutividade hidráulica, pela técnica descrita por LIBARDI & REICHARDT (1973). A densidade aparente do perfil foi determinada através de amostras coletadas com anel volumétrico. A evapotranspiração foi determinada como resíduo da equação (1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam o efeito do tamanho das plantas sobre o balanço hídrico do solo. De modo geral, há associação entre o tamanho da planta e sua área foliar, isto é, plantas maiores apresentam maior área foliar, portanto, maior superfície evaporante.

A figura 1 mostra a variação sazonal da água disponível até a profundidade de 2,4m no período entre duas colheitas (1971/72). Esse tipo de solo reteve em seu perfil (0-240cm) cerca de 250mm de água quando submetido à tensão de 15atm, correspondente a aproximadamente 1mm de água por centímetro de solo. Considerou-se como água disponível somente a umidade contida acima deste limite. O ritmo da disponibilidade hídrica seguiu o das chuvas, não havendo deficiência no período estudado. O ano agrícola 1971/72 pode ser considerado nor-

mal, porém com inverno mais chuvoso. O tamanho das plantas condicionou um escalonamento na disponibilidade hídrica das três culturas, ou seja, a disponibilidade foi maior no lote com 'Catuaí', seguido pelo lote recepado, e menor no lote com livre crescimento. O paralelismo das curvas de disponibilidade hídrica foi eliminado quando da ocorrência de chuvas mais intensas no verão, após dezembro. Isso evidencia que, no verão, o solo esteve sempre próximo de sua capacidade máxima de retenção de umidade, havendo sempre excedente hídrico. O lote com 'Catuaí' atingiu armazenamento máximo cerca de um mês antes dos outros.

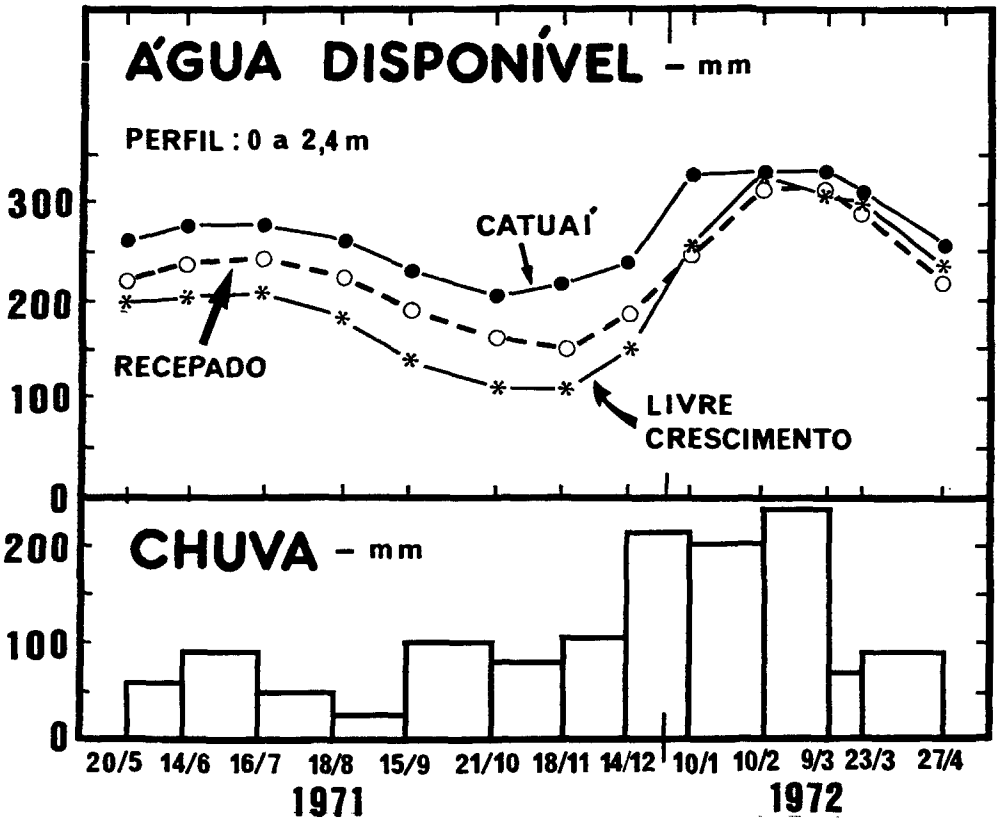


FIGURA 1. Variação sazonal das chuvas e da disponibilidade hídrica em solo podzolizado de Lins e Marília cultivado com cafeeiros. Pindorama, SP, 1971/72.

A figura 2 mostra a distribuição da umidade no perfil de solo em duas situações distintas, ou seja, os perfis mínimo e máximo observados. Em todos os lotes, o perfil mínimo ocorreu em meados de outubro, e o máximo, em fevereiro.

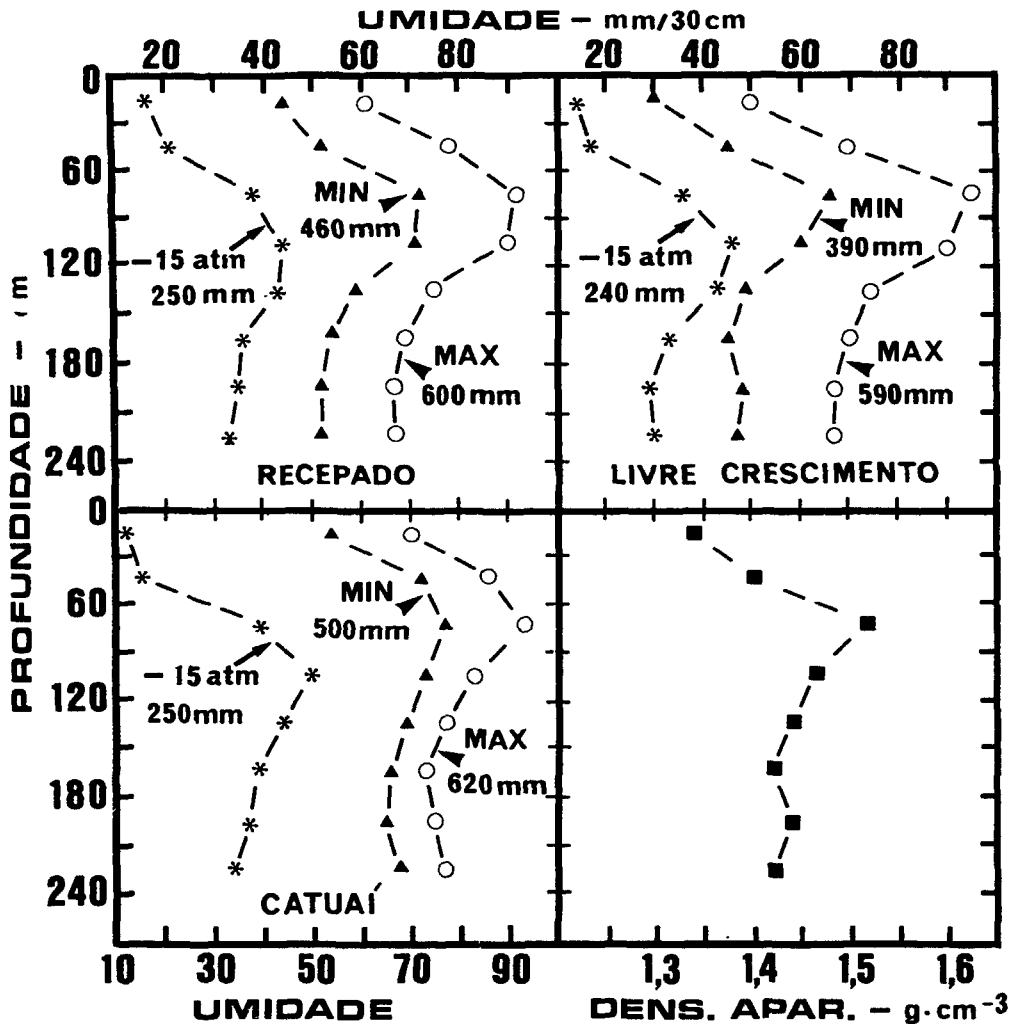


FIGURA 2. Perfis de umidade e de densidade aparente de um solo podzolizado de Lins e Marília cultivado com cafeeiros. Pindorama, SP, 1971/72.

A quantidade de água retida quando da ocorrência do perfil mínimo foi de 500mm para o 'Catuaí', 460mm para o lote recepado, e 390mm para o lote com livre crescimento. Em nenhuma camada o perfil mínimo se aproximou da curva de água retida a 15atm, 250mm para os lotes com 'Catuaí' e recepado, e 240mm para o lote com livre crescimento. O perfil mínimo indica que o ano agrícola 1971/72 foi favorável, em termos hídricos, ao desenvolvimento do cafeeiro naquela região.

Verificou-se, ao redor de 60–90cm de profundidade, a ocorrência de uma camada adensada que ajudou a reter a umidade na parte superior do solo, dificultando a drenagem profunda do excedente hídrico. Na época de chuvas intensas, o perfil máximo representou armazenamento de 620mm para o 'Catuaí', 600mm para o lote recepado e 590mm para aquele com livre crescimento.

Considerando os teores máximo e mínimo de umidade em cada profundidade no decorrer do ano, o máximo de umidade extraída por camada de 30cm de solo variou entre 15mm, para o 'Catuaí', e 38mm, para o livre crescimento (Quadro 1). O lote com livre crescimento apresentou maior extração de umidade em todas as camadas, enquanto o recepado teve maior extração que o 'Catuaí' somente até 120cm de profundidade. Isso evidencia diferenças no tamanho do sistema radicular das plantas, que deve ser proporcional ao tamanho da parte aérea. As extrações foram maiores nas camadas superficiais, evidenciando a maior concentração e atividade das raízes em tal profundidade.

A umidade extraída do perfil pode ter dois destinos: evapotranspiração e drenagem profunda. Ainda não é possível a medição direta in situ da drenagem profunda. Quanto à evapotranspiração, sua medição em condições naturais é extremamente difícil e onerosa, e alguns métodos introduzem artificialidades que distorcem os resultados. Portanto, se se quiser ter uma idéia da ordem de grandeza desses fluxos, deve-se lançar mão de estimativas. Pela natureza das medições envolvidas, optou-se pela estimativa da drenagem profunda pelo método de BLACK et alii (1969).

QUADRO 1. Máximo de umidade extraída por camada de um solo podzolizado de Lins e Marília, variação Marília, cultivado com cafeeiros, durante o ano agrícola 1971/72. Pindorama, SP

Profundidade cm	'Mundo Novo' Livre crescimento	'Mundo Novo' Recepado	'Catuaí'
	mm		
0–30	38 ± 4	33 ± 6	33 ± 4
30–60	37 ± 6	34 ± 6	17 ± 3
60–90	30 ± 4	23 ± 2	21 ± 2
90–120	31 ± 3	24 ± 4	20 ± 1
120–150	26 ± 4	22 ± 1	21 ± 2
150–180	25 ± 5	18 ± 2	19 ± 2
180–210	21 ± 5	16 ± 1	17 ± 2
210–240	22 ± 5	19 ± 1	15 ± 1
0–240	230 ± 5	189 ± 3	163 ± 2

QUADRO 2. Balanço hídrico de um solo podzolizado de Lins e Marfília, variação Marfília, cultivado com cafeeiros. Pindorama, SP, 1971/72

Período	'Mundo Novo' Livres crescimento					'Mundo Novo' Receitado					'Catual'				
	P	ΔM	D	E	\bar{E}	P	ΔM	D	E	\bar{E}	P	ΔM	D	E	\bar{E}
	mm					mm					mm				
	mm/d					mm/d					mm/d				
1971															
26/4-20/5	55,4	16,8	1,3	37,3	1,6	29,5	1,8	24,1	1,0	51,3	-5,7	3,7	53,3	2,1	
20/5-14/6	61,4	4,8	-4,0	60,6	2,4	16,8	8,1	36,5	1,5	62,0	17,7	2,8	41,5	1,3	
14/6-16/7	92,9	4,8	-4,9	93,0	2,9	9,6	3,0	80,3	2,5	94,4	-0,3	4,6	90,1	2,8	
16/7-18/8	51,0	-24,0	1,0	74,0	2,2	-20,2	4,3	66,9	2,0	39,0	-16,2	10,8	44,4	1,3	
18/8-15/9	27,6	-40,8	4,9	63,5	2,3	-37,4	4,8	60,2	2,2	27,4	-31,2	0,4	58,2	2,1	
15/9-21/10	99,8	-28,8	-2,6	131,2	3,6	-28,8	4,7	123,9	3,4	92,9	-24,3	10,1	107,1	3,0	
21/10-18/11	79,0	0,0	-3,0	82,0	2,9	-7,2	1,8	84,4	3,0	80,3	12,6	-8,9	76,6	2,7	
18/11-14/12	103,9	38,4	-20,3	85,8	3,3	36,0	1,6	66,3	2,6	100,8	20,7	-1,5	81,6	3,1	
1972															
14/12-10/1	214,8	103,2	-13,8	125,4	4,6	60,0	1,5	153,3	5,7	214,8	100,2	11,3	103,3	3,8	
10/1-10/2	206,7	79,2	-0,9	128,4	4,3	67,2	18,7	120,8	4,0	206,2	-7,2	14,2	199,2	6,6	
10/2-9/3	241,9	-24,0	13,5	252,4	9,0	0,0	12,8	229,1	8,2	241,9	16,8	52,0	173,1	6,4	
9/3-23/3	70,3	-9,6	-0,5	80,4	5,7	-26,4	-6,9	103,6	7,4	70,3	-35,7	26,9	79,1	5,7	
23/3-27/4	91,1	-62,4	12,3	141,2	4,0	-69,6	-1,2	161,9	4,6	90,8	-57,9	26,2	122,5	3,5	
Total	1.395,8	57,6	-17,0	1.355,2		29,5	55,0	1.311,3		1.372,2	-10,5	152,6	1.230,0		

P = chuva; ΔM = variação no armazenamento; D = drenagem profunda; E = evapotranspiração total; \bar{E} = evapotranspiração média.

O quadro 2 apresenta o balanço hídrico completo dos três lotes. Os pluviômetros indicaram uma diferença menor que 2% entre o total de chuvas ocorridas nos lotes, insuficiente para invalidar as comparações. Considerando que parte dos resultados é fruto de estimativas e, portanto, deve ser tomada com reservas, verifica-se que o total evapotranspirado foi de 1.355,2mm para o lote com livre crescimento, 1.311,3mm para o recepado, e 1.230mm para o 'Catuaí'. Houve, portanto, uma diferença menor que 10% entre os valores extremos de evapotranspiração.

No lote com livre crescimento, a evapotranspiração total representou cerca de 97% do total de chuvas. Nos outros, tal índice chegou a 94 no recepado e 88% no 'Catuaí'. Nos três lotes, cerca de 50–60% da evapotranspiração ocorreu nos meses onde as chuvas foram mais intensas, e o crescimento das plantas também. Em alguns períodos após dezembro, a evapotranspiração foi elevada. Valores de evapotranspiração média acima de 5–6mm/d por período tão longo indicam que as estimativas de drenagem profunda foram deficientes.

Ressalvando a deficiência de estimativa da drenagem profunda, vale notar que, durante o período total, o lote com 'Catuaí' contribuiu com 152,6mm para as camadas abaixo de 2,4m de profundidade; o recepado, com 55mm, e o lote com livre crescimento, não só não teve drenagem profunda efetiva como ainda utilizou cerca de 17mm das camadas inferiores.

No lote com 'Catuaí', onde a drenagem profunda foi maior, em alguns períodos ela representou mais de 30% da evapotranspiração do mesmo período. No global, esse índice chegou a 12%.

SUMMARY

WATER BALANCE OF A PODZOLIC SOIL GROWN WITH COFFEE TREES

The water balance of an eutrophic red yellow podzolic soil grown with coffee trees of different ages and sizes, that is, 'Mundo Novo' with normal growth (18 years – 3m tall), 'Mundo Novo' cut back (3 years – 2m tall), and 'Catuaí' (4 years – 1.5m tall) were performed during the period between two harvests (1971/72), in Pindorama, State of São Paulo, Brazil, through the neutron technique down to the 2.4m depth. Such soil held about 1mm of water per centimeter of soil depth when under the tension of 15atm. There was a dense layer between 60 and 90cm which helped to keep the moisture in the upper part of the soil profile and restricted the deep drainage. The minimum and maximum storage observed were, respectively, 500 and 620mm for 'Catuaí', 460 and 600mm for the cut back field, and 390 and 590mm for the field with normal growth. In general we can say that: (a) the normal growth field used about 97% of the total rainfall as evapotranspiration and did not have an effective deep drainage; (b) the evapotranspiration of the cut back

field was about 94% of the total rainfall with an effective deep drainage of 55mm; (c) the 'Catuaí' field evapotranspired about 88% of the total rainfall and contributed effectively with 152.6mm to the deep drainage.

Index terms: coffee trees, podzolic soil, evapotranspiration, deep drainage, moisture storage.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLACK, T.A.; GARDNER, W.R. & THURTELL, G.W. The prediction of evaporation, drainage and soil water storage for a bare soil. *Proceedings of Soil Science Society of America*, 33:655-660, 1969.
- FRANCO, C.M. & INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 6:443-478, 1946.
- LEPSCH, I.F. & VALADARES, J.M.A.S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama - SP. *Bragantia*, Campinas, 35:13-40, 1976.
- LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Características hídricas de cinco solos do Estado de São Paulo. II. Curvas de retenção e condutividade hidráulica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, 1973. Anais. p.140-148.
- PEREIRA, A.R.; FERRAZ, E.S.B.; REICHARDT, K. & LIBARDI, P.L. Estimativa da evapotranspiração e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados Lins e Marília. Piracicaba, CENA-ESALQ, 1974. 14p. (Boletim científico, 14)
- ROSE, C.W. Some experimental aspects of crop water use studies in the field. In: ———. *Agricultural Physics*. Oxford, Pergamon Press, 1966. Chapter 7, p.178-199.
- VACHAUD, G.; TEHEL, J.; ROYER, J.M. & BOLCATO, R. Controle automatique in-situ des transferts d'eau dans la zone non saturée: application à la détermination du bilan hydrique. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1973. 26p.