

O BALANÇO HÍDRICO EM SOLOS BRUNO NÃO CÁLCIO VÉRTICO

ANTONIO FAUSTINO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE NETO

Prof. Adjunto do Dep. de Tecnologia Rural da UFRPE.

Em duas parcelas, com solos Bruno não Cálcico Vértico, medindo 3,5 x 11,0 metros permanecendo uma delas com a vegetação nativa enquanto a outra foi totalmente limpa, foram submetidas à chuvas artificiais através de um simulador de braços rotativos com o objetivo de desenvolver o balanço hídrico. Foram observadas as lâminas precipitadas e escoadas e determinada a umidade do solo; a superficial através do método gravimétrico e as profundas por intermédio de uma sonda de neutrons. Os resultados podem oferecer uma contribuição para os que lidam com a questão relativa ao planejamento do uso do solo.

INTRODUÇÃO

No elenco de propostas para minimizar o efeito catastrófico das estiagens no Nordeste brasileiro, nota-se desde já uma tendência generalizada pela adoção dos sistemas Agro-hidroológicos destinados à agricultura de sequeiro, visando-se o máximo aproveitamento integrado dos componentes agro-hidroológicos de uma determinada área agrícola para a obtenção de uma produção estável.

Esta técnica faz uso do aproveitamento da água armazenada em pequenos barreiros alocados na própria área cultivada resultante do escoamento da água da chuva sobre solos imprestáveis, ou não, para agricultura. No segundo caso, o preparo

do solo é feito de modo a atender também ao aproveitamento agrícola desta área.

Evidentemente que para se projetar esses sistemas, têm-se necessidade de conhecer à priori, alguns pontos fundamentais ligados ao solo e a água, como por exemplo, a variação espacial e temporal do escoamento dentro da propriedade agrícola, pois com o primeiro pode-se selecionar as áreas de captação e de plantio e com o segundo o dimensionamento dos barreiros e principalmente a operacionalidade dos mesmos; o melhor preparo do solo, a fim de que a área possa ser utilizada agricolamente e o excesso do escoamento seja conduzindo para os barreiros sem criar problemas de erosão, etc.

O objetivo deste trabalho é de responder em parte as indagações que são feitas para a seleção prévia das áreas que compõem esses sistemas. O solo escolhido foi o Bruno não Cálcico Vértico que é encontrado com frequência no sertão nordestino, ocupando cerca de 15% da superfície do polígono das secas. Praticamente não são utilizados pela agricultura, abriga via de regra uma caatinga rala e na sua maioria estão bastante erodidos.

Para se alcançar o objetivo desejado foi necessário observar o comportamento deste tipo de solo, frente as chuvas que nele se precipitam, através de uma série de balanços hídricos, o que possibilitou estudar todas as frações, em que se pode decompor a chuva e com isto reconhecer se a vocação do mesmo é para escoar ou armazenar a água e conduzi-la para o lençol freático.

A fase de campo da pesquisa constituiu-se de observações do escoamento superficial e profundo, em parcelas submetidas à chuvas artificiais.

As chuvas foram produzidas através de simuladores de braços rotativos e o conteúdo da água do solo obtido por intermédio de sondas de neutrons.

MATERIAL E MÉTODO

Utilizou-se um simulador de chuvas de braços rotativos tipo Swanson, equipados com aspersores "VEE-SET" 80.100. As dimensões dos braços do simulador e a disposição dos aspersores permitiu a simulação de chuvas em duas parcelas com dimensões máximas de 11,0 m de comprimento por 3,5 m de largura,

desde que as mesmas ocupassem uma disposição em torno do simulador, como mostra a figura 1. As parcelas foram instaladas adjacentes ao sangradouro do açude de Conceição (Lat. 8° 09' 49" — Long. 37° 52' 09"), no riacho do Navio, bacia do rio Pajeú, estado de Pernambuco, numa rampa com 3,8% de declividade, sobre solos Bruno não Cálcico Vértico. A descrição de um perfil situado ao lado das parcelas é apresentado pela tabela 1.

Tabela 1 — Característica do perfil do solo

Símbolo	Profundidade (cm)	Densidade Aparente (g/cm ²)	Composição Granulométrica			Classificação Textural	
			areia	silte	argila		
A	0 — 13	1.55	44	26	30	Franco	Argiloso
B ₁₂	14 — 38	1.54	42	26	32	Franco	Argiloso
B _{22t}	39 — 52	1.49	41	23	36	Franco	Argiloso
B _{3t}	53 — 76	1.58	54	19	27	Franco	Argiloso Arenoso

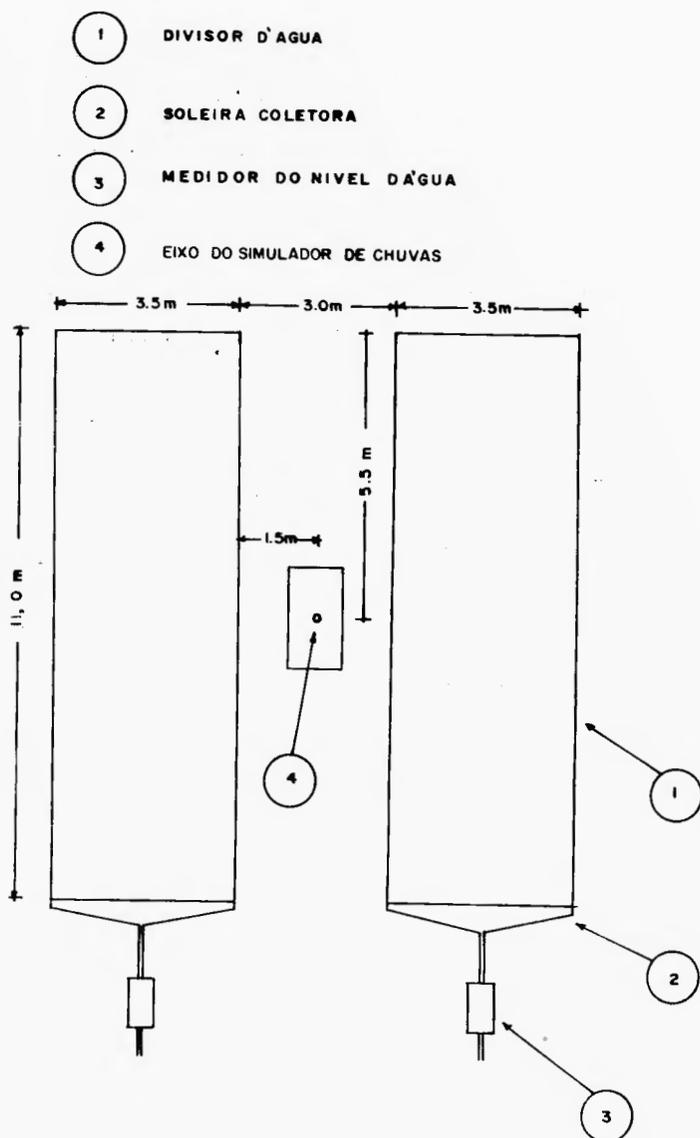


Figura 1 — Planta baixa das parcelas de escoamento

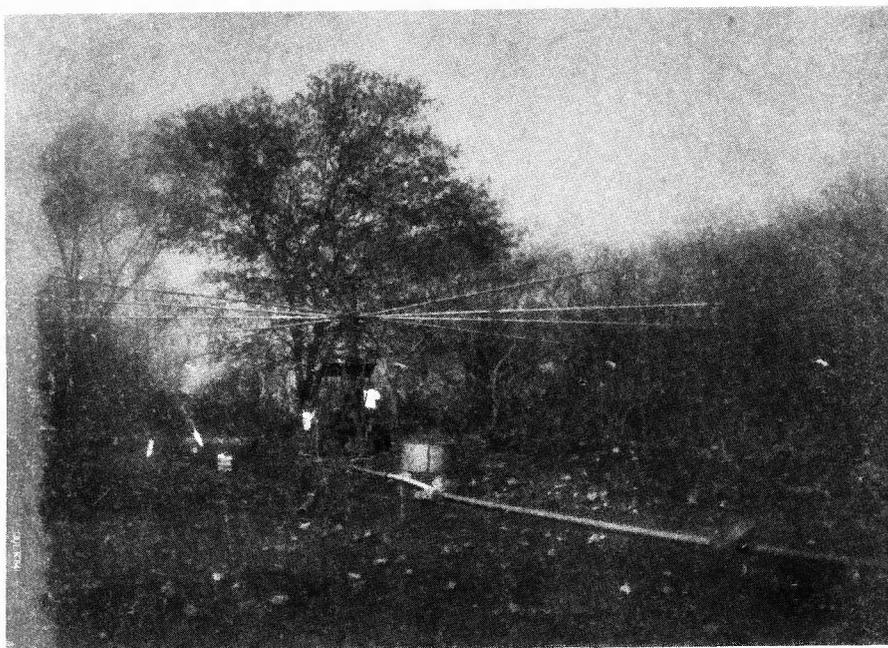


Figura 2 — Vista geral do sistema; simulador e parcelas de escoamento

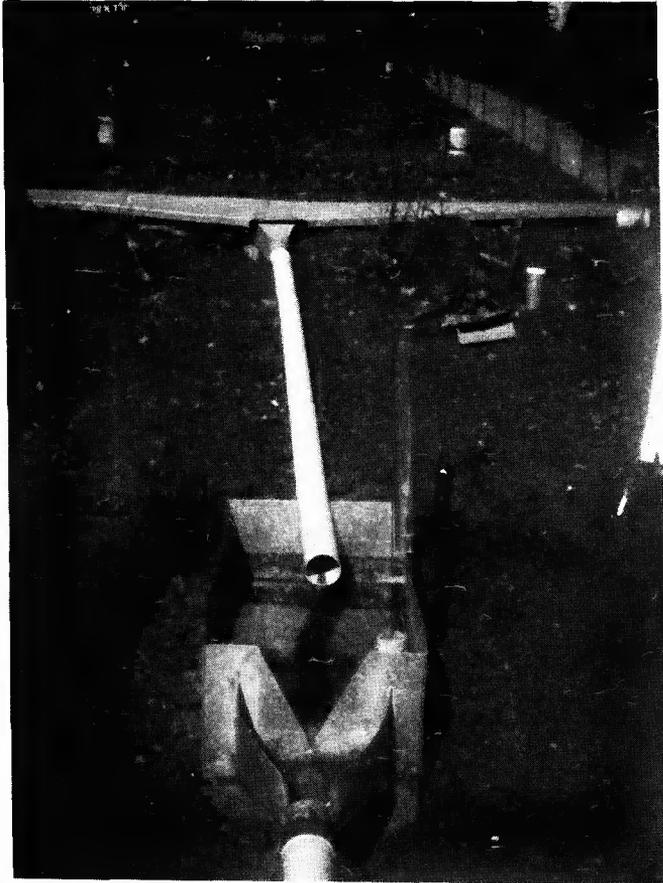


Figura 3 — Detalhe da parcela sem vegetação. Em destaque os pluviômetros, os tubos de acesso da sonda e o medidor de nível d'água

A superfície de uma das parcelas foi totalmente limpa, permanecendo livre de pedregulho e vegetação (parcela 1), enquanto a superfície da outra manteve-se com a cobertura natural (parcela 1.2).

A parcela foi isolada com paredes divisórias de chapas galvanizadas corrugadas com 35 cm de altura, penetrando 10 cm no solo. Na parte inferior foi colocada uma soleira para coletar as águas oriundas da parcela que as concentra para uma caixa paralelepípeda com 50 cm de altura, 80 cm de comprimento e 40 cm de largura. Através de um vertedor triangular com vértice de 50° aberto na parede de jusante, associado a um linímetro de boia, foi possível se chegar as lâminas escoadas sobre as parcelas.

Funcionaram como pluviômetros, um conjunto de seis latas de óleo lubrificante. As latas foram presas a uma haste de ferro, mantendo a superfície superior a 30 cm do solo.

Para as medidas profundas de umidade foi utilizada uma sonda de neutrons de fabricação da Campbell Pacific Nuclear Corp, California, USA. Em cada parcela foram introduzidas verticalmente dois tubos de alumínio com duas polegadas de diâmetro para dar acesso a sonda. A umidade para cada camada foi obtida pela média aritmética das umidades apresentadas nos dois tubos. A umidade superficial resultou de média aritmética da umidade de seis amostras, retiradas simultaneamente das partes externas às parcelas, mas que foram atingidas pelas chuvas simuladas, igualmente como o interior das mesmas. O método empregado para determinação da umidade foi o gravimétrico.

A retenção de umidade das amostras indeformadas foram feitas utilizando-se as placas porosas de Richards. Para os quatro horizontes, foi possível traçar, como mostra a figura 4, duas curvas características, isto porque os pontos correspondentes aos horizontes A, B₁t e B₂t, quando não superpunham-se, aproximam-se bastante, sugerindo portanto o traçado de uma curva para os três horizontes.

A condutividade hidráulica foi definida no próprio local da pesquisa, inundando-se uma parcela de 5 x 5 metros, até a saturação completa de todas as camadas. Posterior a saturação a área foi coberta com plástico, onde diariamente era obtida, com a sonda de neutrons, a umidade das diversas camadas do solo, através de um tubo colocado no centro da parcela. De posse das umidades das camadas do solo, foi possível chegar aos fluxos de

água e aos gradientes de potencial total da água do solo e finalmente a condutividade hidráulica, via equação, de Darcy, que pode ser escrita da seguinte maneira:

$$q = - K(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial Z} \quad (1)$$

ou

$$K(\theta) = - q / \frac{\partial \psi}{\partial Z} \quad (2)$$

onde:

$K(\theta)$ — condutividade hidráulica (cm/h)

q — fluxo de água (cm/h)

$\frac{\partial \psi}{\partial Z}$ — gradiente de potencial total (cm H₂O)

A relação entre a condutividade hidráulica (k) e a umidade da média (θ) da camada compreendida entre 60 e 80 centímetros, foi obtida plotando-se em eixos cartesianos K , na escala logarítmica versus θ , na escala aritmética. Como pode ser vista na figura 5, a reta que melhor se ajusta aos pontos tem a seguinte equação:

$$\log K = - 11,716 + 33,378 \theta \quad (3)$$

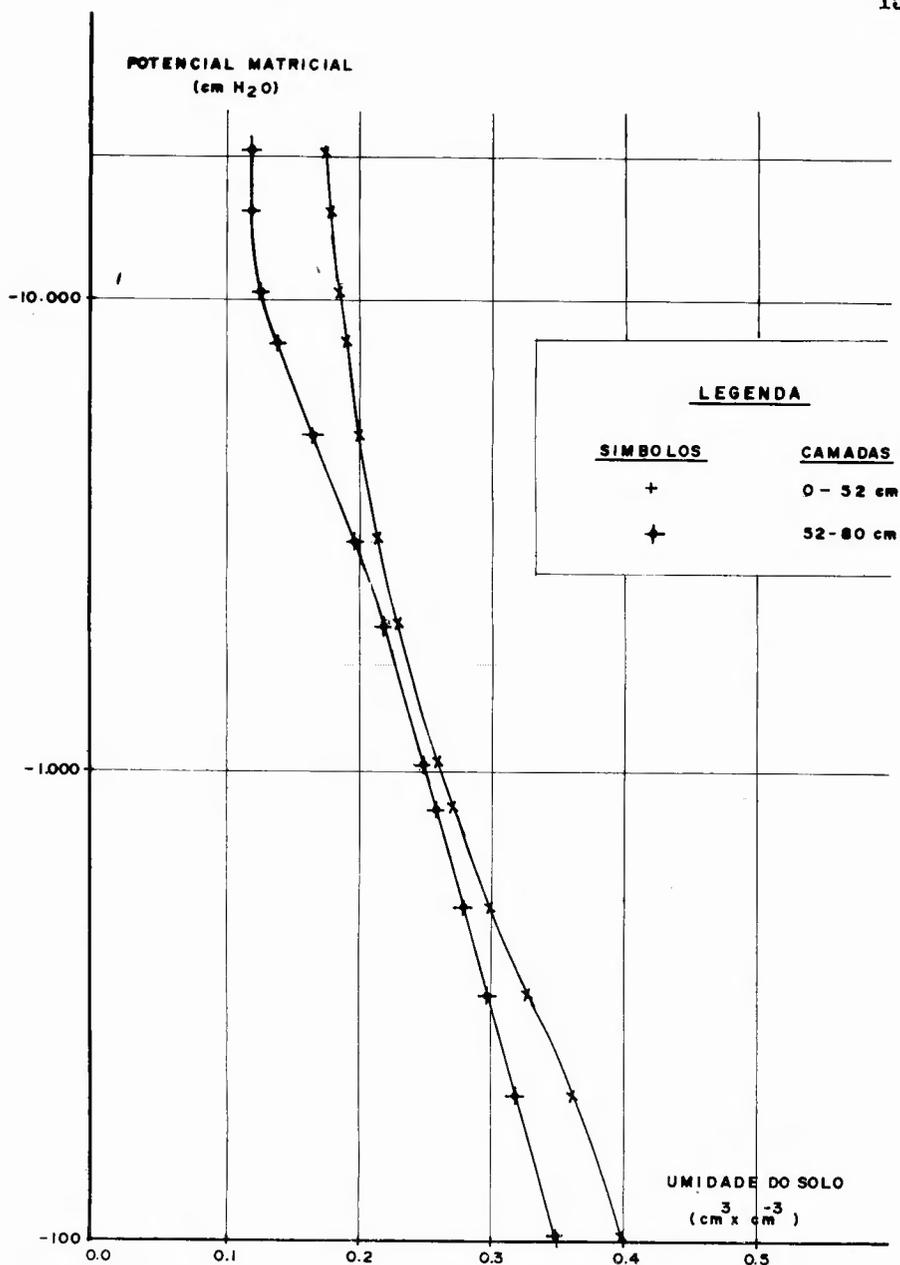


Figura 4 — Curvas características do solo

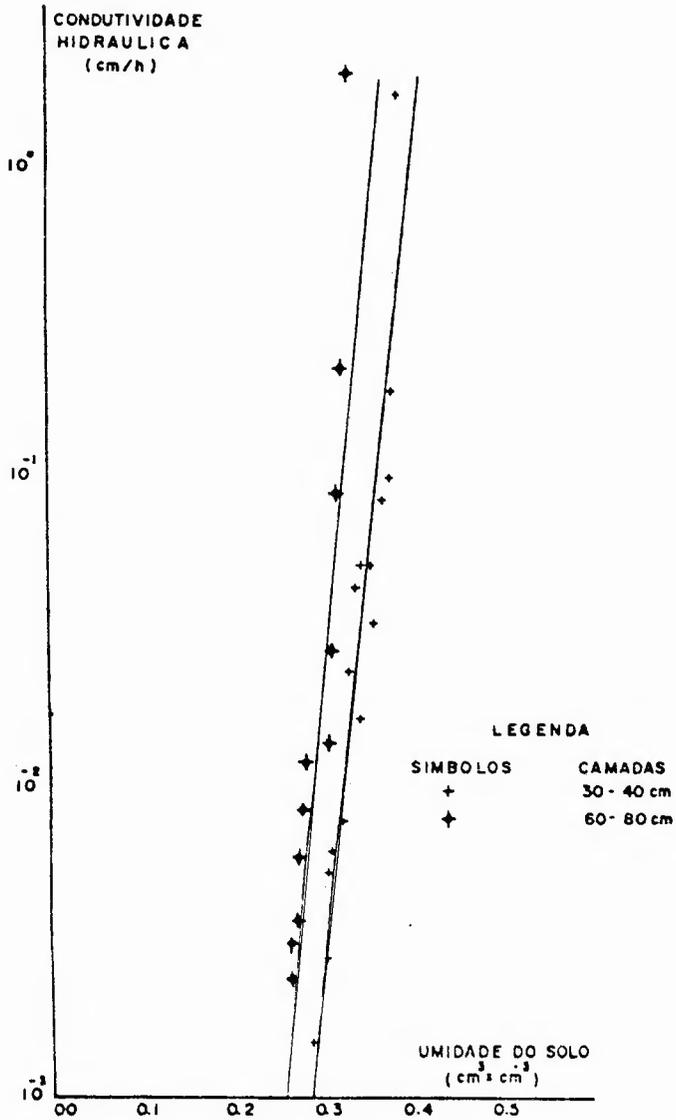


Figura 5 — Condutividade hidráulica do solo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os balanços hídricos das parcelas de escoamento, tanto na vegetada como não vegetada, foram realizadas para uma camada com 75 cm de profundidade, isto porque os solos desta região geralmente não ultrapassam os 80 cm de profundidade.

Foram calculados, para cada parcela, nove balanços hídricos, o que corresponde aos períodos mais ou menos contínuos, com ou sem chuva, onde foi aplicada a lei de conservação de massa, cuja equação pode ser escrita simplificadamente da seguinte maneira:

$$P - LE - E \pm Q \pm \Delta A = 0 \quad (4)$$

onde P, LE e E representam respectivamente as lâminas, precipitada, escoada e evaporada; Q o fluxo a 75 cm de profundidade e ΔA a variação de armazenamento da água do solo.

O fluxo Q foi calculado de uma maneira aproximada, com ajuda da fórmula:

$$\frac{\partial \psi}{\partial Z} \cong \frac{\Delta \psi}{\Delta Z} = \frac{(\psi_i^{H_s} + \psi_f^{H_s}) - (\psi_f^{H_i} + \psi_i^{H_i})}{2 (H_i - H_s)} \quad (5)$$

sendo:

$$\frac{\partial \psi}{\partial Z} \cong \frac{\Delta \psi}{\Delta Z} \text{ ————— gradiente de potencial total}$$

H_s — profundidade da parte superior da camada, igual a 70 cm.

H_i — profundidade da parte inferior da camada, igual a 80 cm.

$\psi_i^{H_s}$ e $\psi_i^{H_i}$ — potencial total no início do período respectivamente na parte superior e inferior da camada.

ψ_f e ψ_i — potencial total no fim do período respectivamente na parte superior e inferior da camada.

e da equação (3), onde θ é calculado através de:

$$\theta = \frac{\theta_i^{70} + \theta_f^{70} + \theta_i^{80} + \theta_f^{80}}{4} \quad (6)$$

Substituindo em (1) os valores encontrados nas equações (3) e (5), tem-se finalmente o valor de Q .

O termo ΔA foi determinado planimetrando-se a área compreendida entre os perfis de umidade até a profundidade de 75 cm. Como Q e ΔA são calculados e P e LE medidos, o termo E será determinado pela equação (4).

Os perfis de umidade antes e após a cada período considerado estão traçados nos conjuntos de figuras 6 e 7 (a, b, c, d, e), para as parcelas sem e com vegetação, e as tabelas 2 e 3 mostram os valores dos termos dos balanços hídricos. Nas figuras como nos quadros devemos observar que:

- a) os perfis de umidade do dia 1982.09.04, antes da primeira chuva ser realizada, dá uma idéia da umidade mínima para cada camada, isto porque praticamente não houve chuva um ano antes desta data;
- b) apesar das medidas de umidade no solo com a sonda de neutrons utilizada nesta pesquisa, não ser eficiente para profundidades com menos de 30 cm, mesmo assim elas foram tomadas a 10 e 20 cm, pois o objetivo maior, neste caso, é de se ter a variação da umidade com o tempo, do que propriamente o seu real valor;
- c) essas duas medidas anteriormente citadas, tiveram capital importância no traçado dos perfis de umidade, e por conseguinte na determinação da variação do armazenamento da água do solo;
- d) nos quatro primeiros balanços da parcela sem vegetação e nos três da parcela vegetada, os fluxos a 75 cm foram nulos, por não ter havido variação de umidade na camada 70 — 80 cm durante o período;

- e) o fluxo no período de 07/11 a 04/01 foi calculado multiplicando-se o fluxo em cm/h, pelo número de horas relativo a 28 dias, isto por que as medidas de umidade tomadas dia sim, dia não, comprovaram a estabilização do perfil após esses dias;
- f) a evaporação e a evapotransposição nos dias 04/09 a 24/09, foram desprezadas, tendo em vista que os balanços foram realizados para um período restrito a duração da chuva;
- g) o balanço do último período realizado na escala diária, apresentou um aevapotranspiração perfeitamente coerente com a calculada ou medida na região para aquela época do ano;
- h) o regime das chuvas naturais é composto por um conjunto de dias com chuva onde a precipitação de alguns dias apenas produzem escoamentos superficiais; os demais têm altura pluviométrica tal, que somente altera a umidade das primeiras camadas do solo, portanto esse regime não terá efeito maior sobre a umidade e o fluxo nas camadas mais profundas do que o regime artificial;
- i) o montante das chuvas praticadas sobre as parcelas com o simulador, apresentou um valor superior a chuva anual regional que tem frequência de ultrapassagem de 01%, correspondente a 1440 mm e foi distribuída em 16 dias por um período de quatro meses;
- j) no horizonte C, localizado a 80 cm de profundidade se processa o escoamento de base; com a simulação das chuvas verificamos através dos balanços hídricos calculados para as parcelas a pouca significação do fluxo a 75 cm de profundidade, apenas 1,5% da precipitação na parcela vegetada poderia tornar-se escoamento de base.

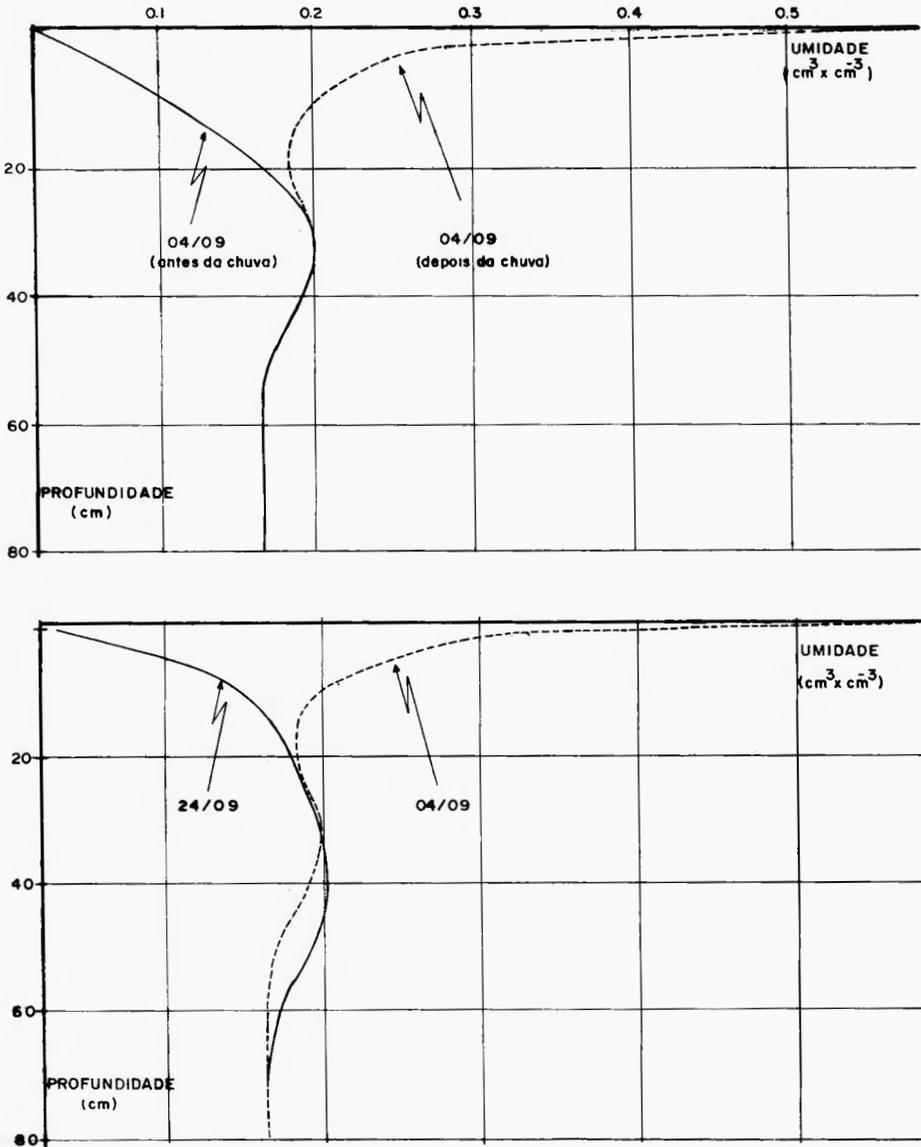


Figura 6 (a) — Perfis de umidade do solo da parcela 1.1

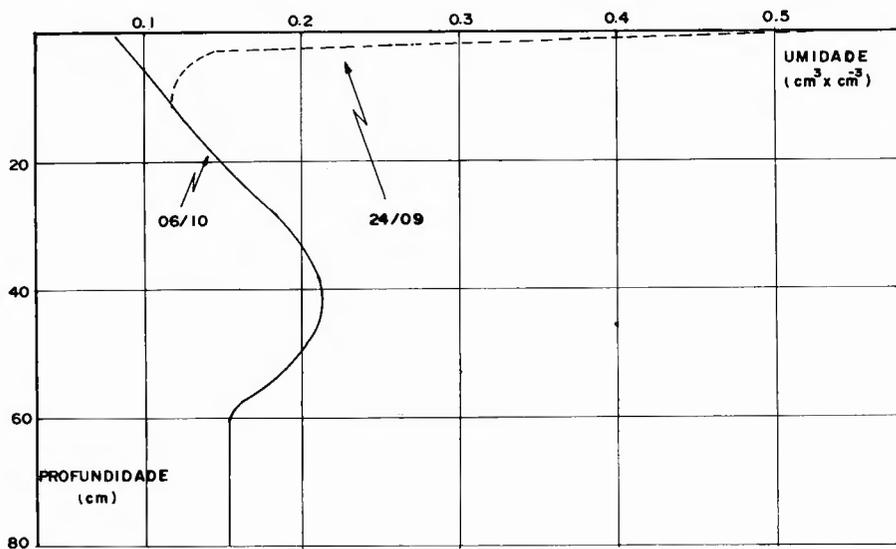
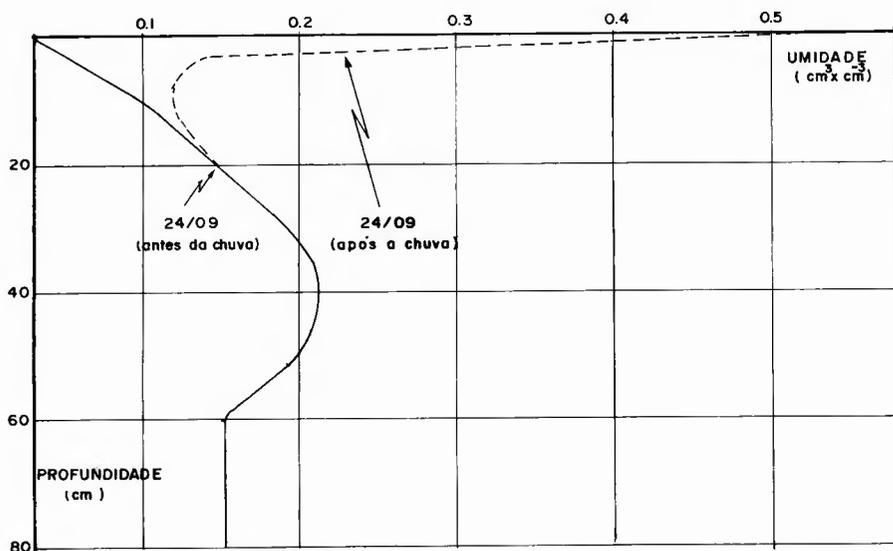


Figura 6 (b) — Perfis da umidade do solo da parcela 1.1

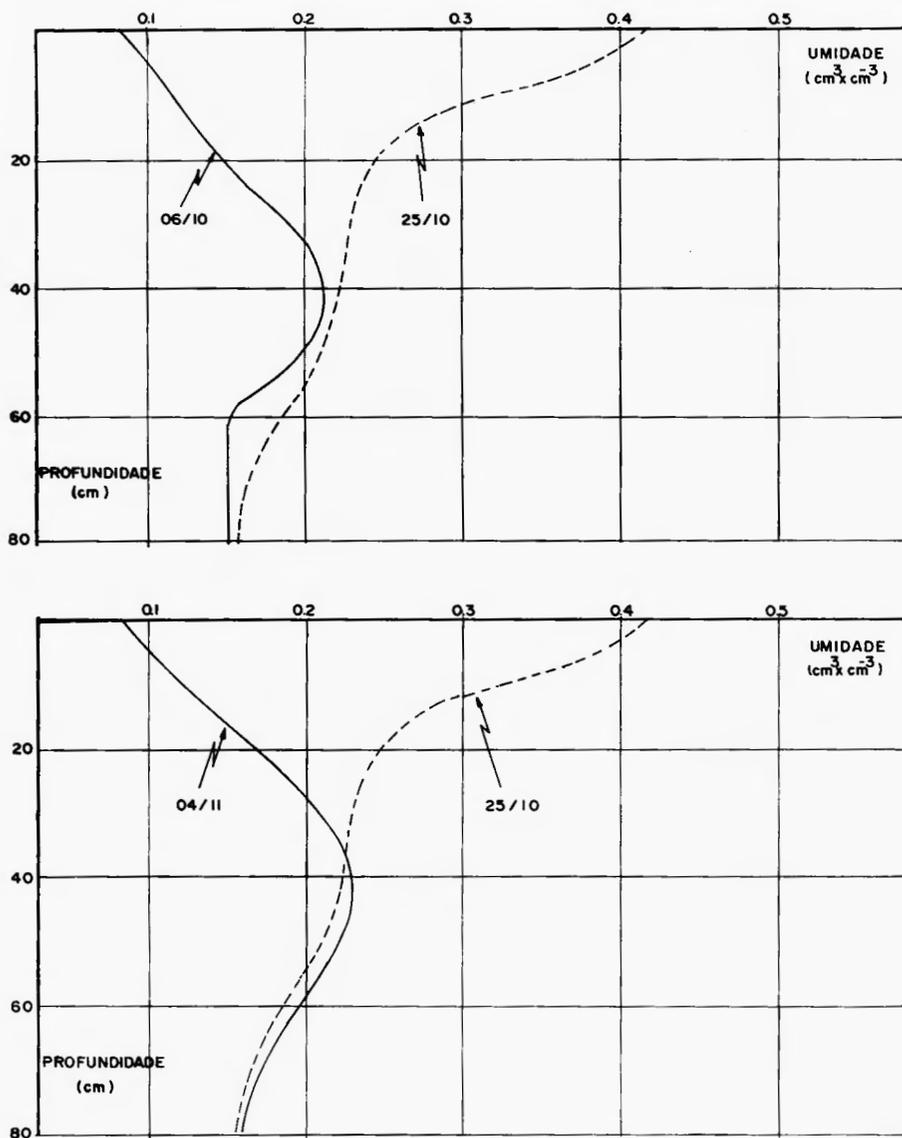


Figura 6 (c) — Perfís de umidade do solo da parcela 1.1

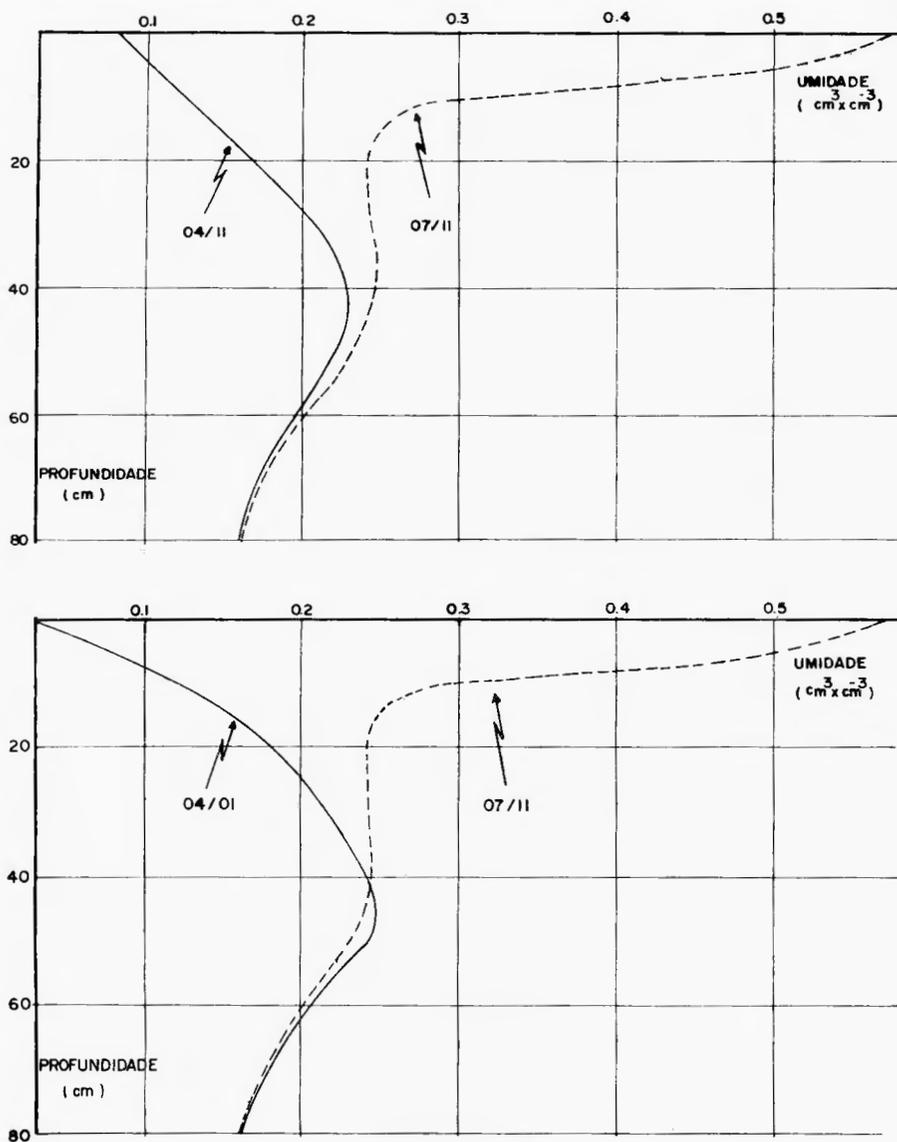


Figura 6 (d) — Perfis de umidade do solo da parcela 1.1

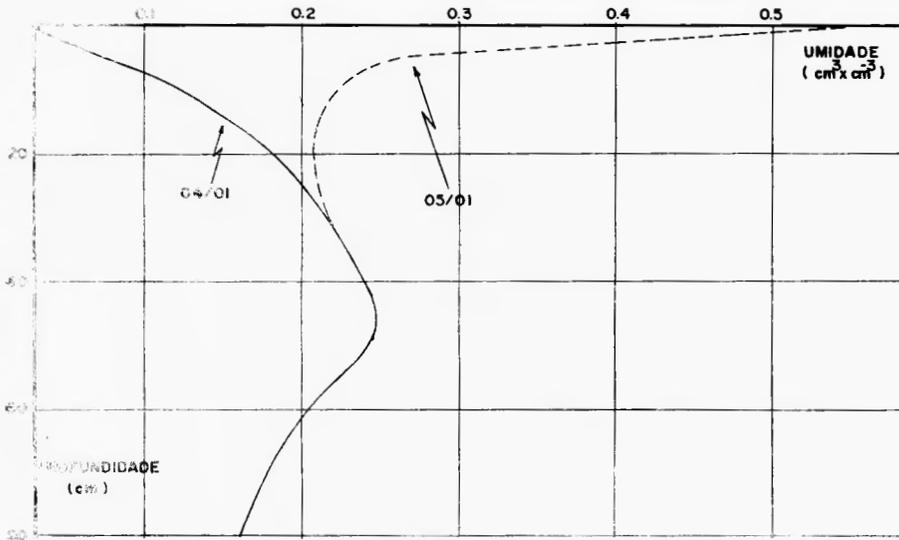


Figura 6 (e) — Perfis de umidade do solo da parcela 1.1

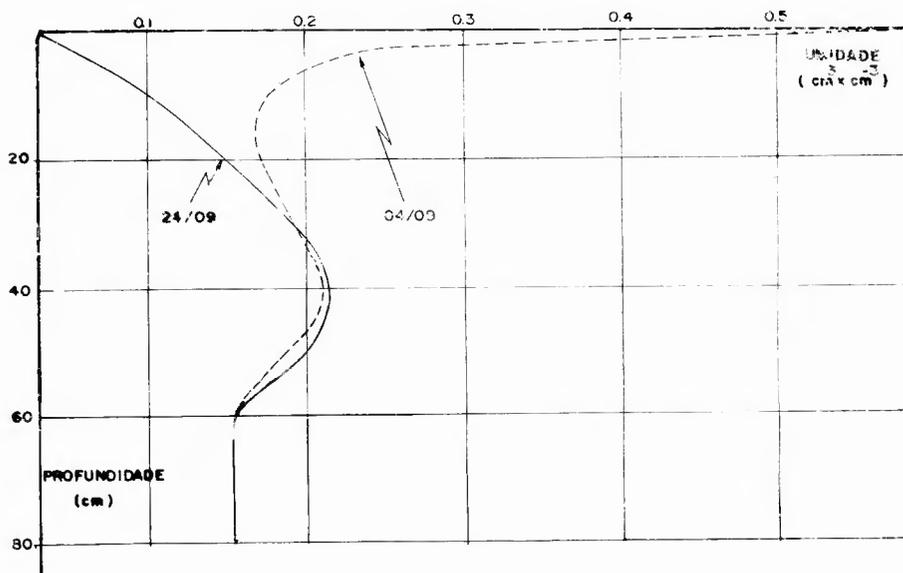
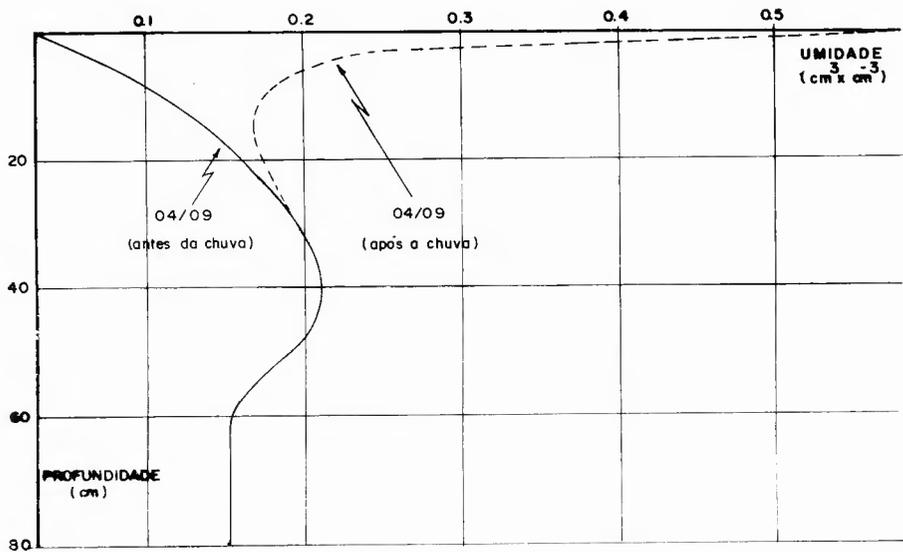


Figura 6 (a) — Perfis de umidade do solo da parcela 1.1

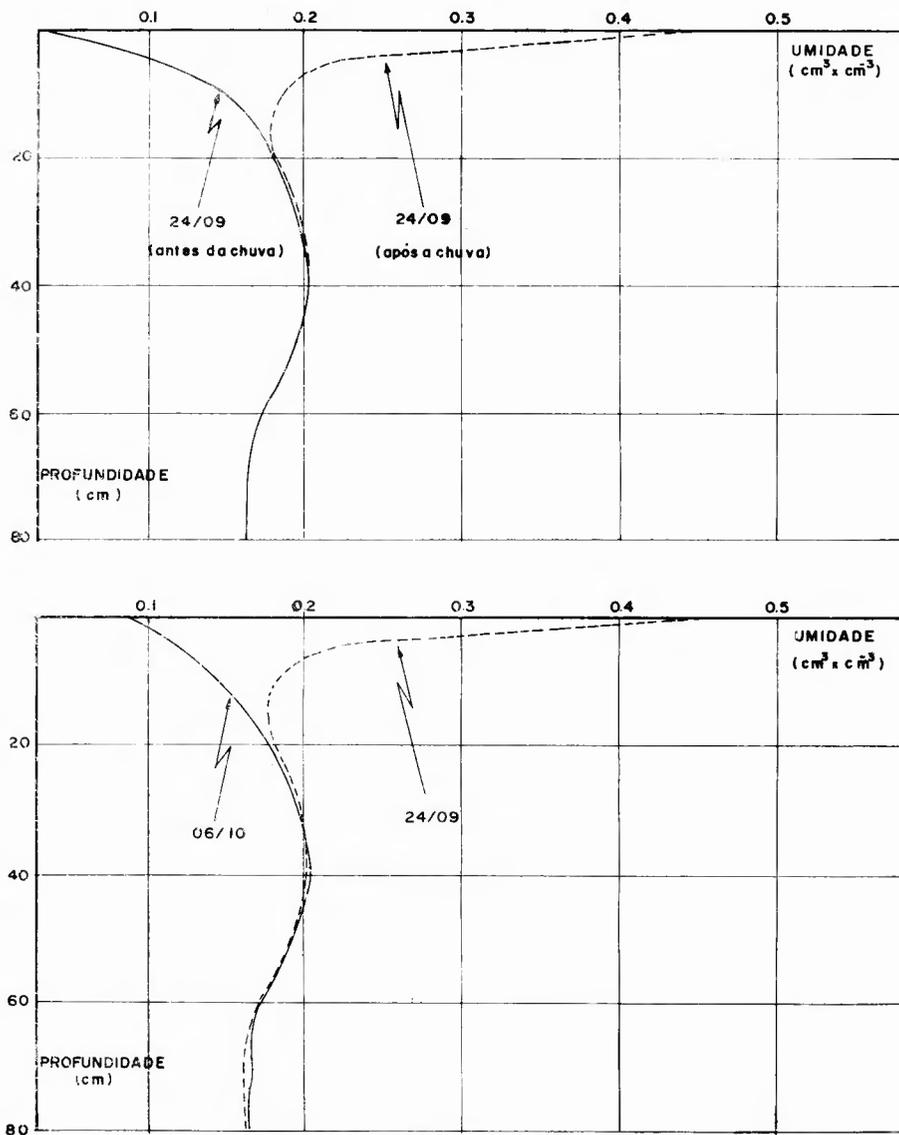


Figura 7 (b) — Perfis de umidade do solo da parcela 1.2

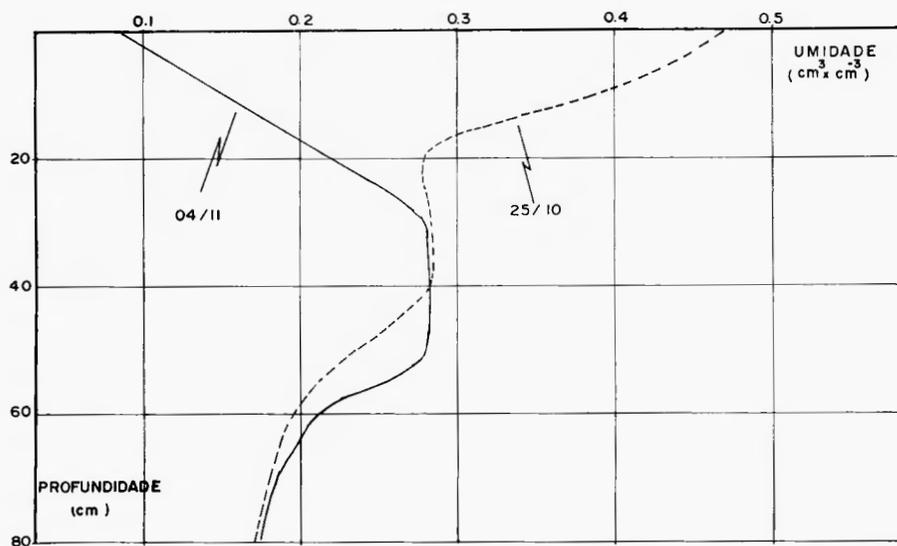
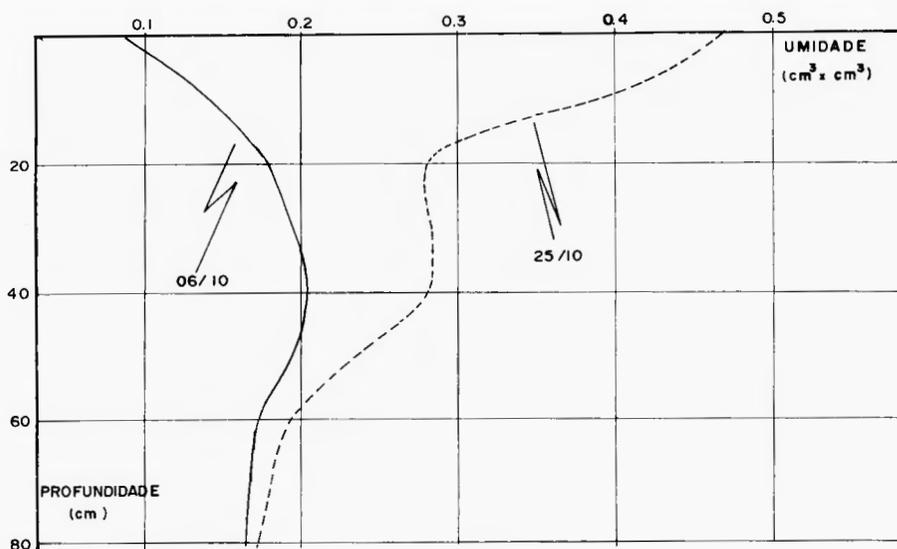


Figura 7 (c) — Perfis de umidade do solo da parcela 1.2

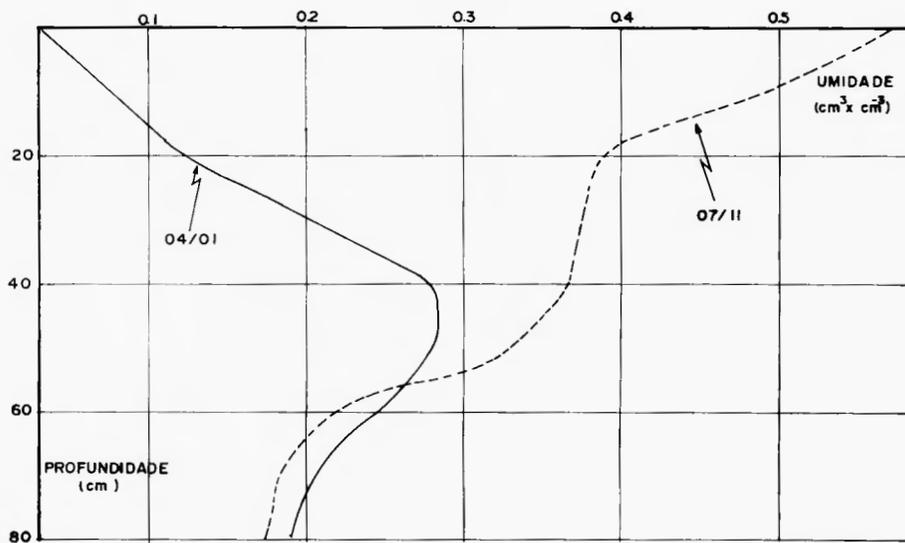
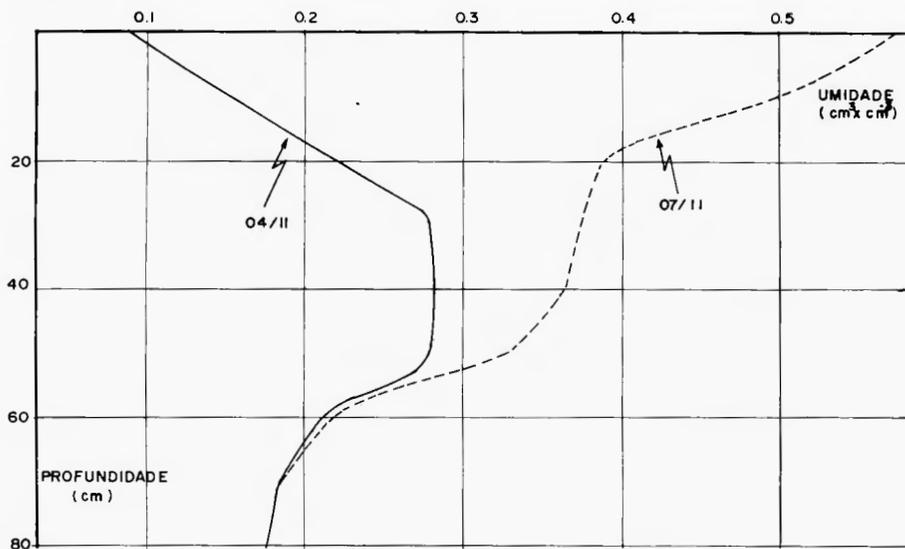


Figura 7 (d) — Perfis de umidade do solo da parcela 1.2

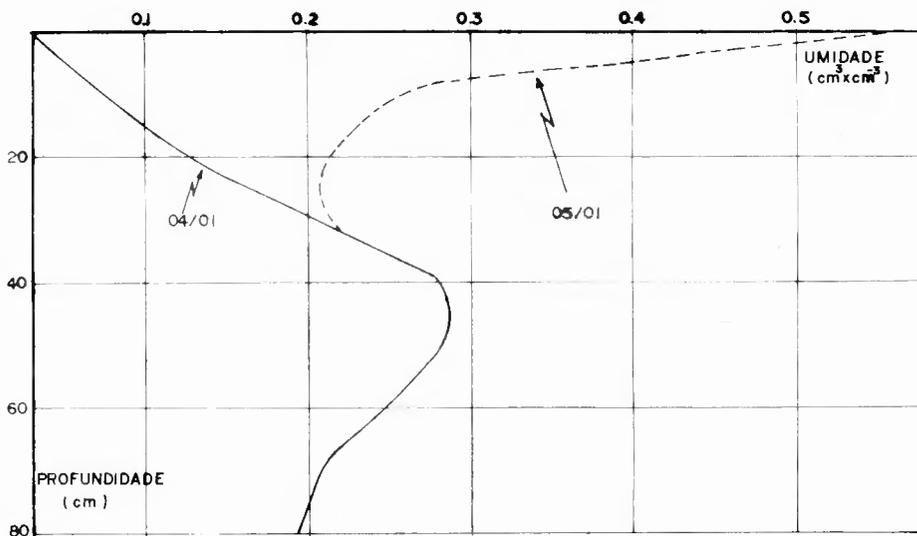


Figura 7 (e) — Perfis de umidade do solo da parcela 1.2

Tabela 2 — Balanço hídrico da parcela sem vegetação

Nº	PERÍODO	L A M I N A			VARIACÃO DO ARMAZEN- AMENTO	FLUXO A 75 cm	EVAPORAÇÃO
		PRECIPITADA	ES- COADA	INFILTRADA			
1	04/09	29,4	10,00	19,4	— 19,4	0,0	0,0
2	04/09 a 24/09	—	—	—	+ 15,3	0,0	— 15,3
3	24/09	48,9	36,9	12,0	12,0	0,0	0,0
4	24/09 a 06/10	—	—	—	+ 7,9	0,0	— 7,9
5	06/10 a 25/10	716,6	577,5	139,1	— 58,5	— 0,7	— 79,9
6	25/10 a 04/11	—	—	—	+ 44,6	— 1,3	— 43,3
7	04/11 a 07/11	535,8	443,3	92,5	— 62,8	— 0,6	— 29,1
8	07/11 a 04/01	—	—	—	— 54,5	8,2	+ 46,3
9	04/01 a 05/11	230,8	185,2	45,6	— 31,5	— 0,4	— 13,7
	TOTAL	1561,5	1252,9	308,6	— 61,9	11,2	— 235,5
	%	100,0	80,2	19,8	—	—	—
	%	100,0	80,2	—	4,0	0,7	15,2

Tabela 3 — Balanço hídrico da parcela com vegetação

N.º	PERÍODO	L Á M I N A			VARIACÃO DO ARMAZENA-	FLUXO A 75 cm	EVAPORAÇÃO
		PRECIPITADA	ESCOADA	INFILTRADA			
1	04/09	29,4	3,8	25,6	— 25,6	0,0	0,0
2	04/09 a 24/09	—	—	—	+ 14,0	0,0	— 14,0
3	24/09	48,9	32,7	16,2	+ 16,2	0,0	0,0
4	24/09 a 06/10	—	—	—	+ 13,2	— 0,5	— 12,7
5	06/10 a 25/10	716,6	525,1	191,5	— 74,5	— 2,0	— 115,0
6	25/10 a 04/11	—	—	—	+ 13,3	— 2,2	— 41,1
7	04/11 a 07/11	535,8	404,2	131,6	— 98,2	— 0,8	— 32,6
8	07/11 a 04/01	—	—	—	+ 107,5	— 15,2	— 92,3
9	04/01 a 05/11	230,8	167,0	63,8	— 52,5	— 1,5	— 9,3
	TOTAL	1561,5	1132,8	428,7	89,0	— 22,2	— 317,5
	%	100,0	72,5	27,5	—	—	—
	%	100,0	72,5	—	5,7	1,5	20,3

CONCLUSÕES

- a) os balanços hídricos calculados a partir das chuvas simuladas nos leva a concluir que as superfícies compostas pelos solos Bruno não Cálxico não proporcionam praticamente nenhuma transferência da água, seja para o escoamento de base, seja para o lençol freático. No tocante a manutenção da umidade por parte desses solos, os perfis de umidade traçados ao longo do período pluvioso e de outros estudos postos em prática sobre a água do solo, demonstram que os mesmos têm boa capacidade de retenção da água. Em contrapartida a infiltração é pequena em relação a outros tipos de solos comuns na região Semi-Arida e por isto as condições ótimas, em termos de umidade para as plantas, só acontecem nos anos de regime pluviométrico rico e bem distribuído dentro da estação chuvosa, eventos estes pouco frequentes na região, o que inviabiliza a utilização agrícola sistemática desses solos sob condições naturais de fornecimento de água;
- b) praticamente a única possibilidade do uso permanente desses solos pela agricultura seria com a irrigação, no caso de existir água disponível e quando a profundidade dos mesmos se adequar à regra, sem necessariamente criar dificuldades futuras no tocante a salinização e a erosão. Todavia como a disponibilidade hídrica da região é precária e existe outros tipos de solos mais nobres sob o ponto de vista físico e fértil, a irrigação se destinaria a estes e não aos solos Bruno não Cálxico;
- c) diante do que anteriormente foi exposto e contrariando as formas clássicas de conservação da água e do solo, recomendamos o favorecimento do escoamento sobre o terreno com solo Bruno não Cálxico, em vez da infiltração.

Evidentemente se forem tomadas precauções no sentido de evitar acentuadas perdas de terra, dissipando-se ao máximo a energia das águas escoadas, grandes áreas com esses solos ou com outros já suficientemente erodidos, imprestáveis para qualquer atividade agrícola, deveriam ser melhoradas para facilitar o escoamento; lembramos que a simples retirada de perdas e da pouca vegetação existente numa das parcelas em estudo, elevou consideravelmente o escoamento.

ABSTRACT

In two plots on Vertic Non Calcic Brown soils, measured 3,5 x 11,0 metres, the first with native vegetation, while the second was completely cleaned with the objective to water balance. The were subjected to artificial rain through boom rainfall simulator. The depth of precipitation and runoff were observed and the soil moisture contet was measured; the superficial moisture content was measured by the gravimetric method, and the deeper layers through neutron pro be. The results with be able to offer a contribution to those work with the questions relative to soil conservation and land use planning.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — BLACK, C. A., ed. *Methods of soil analysis; phisical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.* Madison, American Society Agronomy, 1965. pt. 1. (Agronomy, 9).
- 2 — EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Projeto de pesquisa sobre manejo e conservação do solo do estado de Pernambuco; relatório anual.* Recife, 1977. 21 p.
- 3 — LEPRUN, J. C.; ASSUNÇÃO, M. S.; CADIER, E. *Avaliação dos recursos hídrico das pequenas bacias do Nordeste Semi-Árido: características físico-climáticas (Primeira síntese dos resultados obtidos).* Recife, SUDENE/DRV, 1983. 71 p. (Hidrologia, 15).
- 4 — NOUVELOT, J.-F.; FERREIRA, P. A. S.; CADIER, E. *Bacia representativa do Riacho do Navio; relatório final.* Recife, SUDENE/DRN, 1979. 193. (Hidrologia, 6).
- 5 — REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.* Campinas, Fundação Gargil, 1975. 271 p.
- 6 — SWANSON, N. P. Rotating-boom rain fall simulator. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, 8(1):71-2, 1965.

Recebido para publicação em 18 de setembro de 1985.