

ESTIMATIVA DE FLUXO DE DRENAGEM E ALTURA DE LENÇOL FREÁTICO EM SOLOS DE TEXTURAS DISTINTAS

PEDRO RAMUALYSON FERNANDES SAMPAIO¹; EDER DUARTE FANAYA JÚNIOR¹; JOSÉ LEÔNIO DE ALMEIDA SILVA²; JARBAS HONORIO DE MIRANDA³ E SERGIO NASCIMENTO DUARTE³

¹Engenheiro Agrônomo, Doutorando, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ-USP, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Av. Pádua Dias, 11 - São Dimas, 13418-900, Piracicaba - SP, Brasil, prfsampaio@usp.br; junior_edf21@hotmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Doutorando, Universidade Federal de Viçosa/UFV, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa – MG, CEP: 36570-900, Brasil, jose.leoncio@ufv.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Associado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ-USP, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Av. Pádua Dias, 11 - São Dimas, 13418-900, Piracicaba - SP, Brasil, jhmirand@usp.br; snduarte@usp.br

1 RESUMO

O excesso de água no solo, devido aos altos níveis estacionais ou periódicos do lençol freático, tem-se constituído no principal risco para limitar a produtividade das culturas, e a sua profundidade influi indiretamente no crescimento e no desenvolvimento vegetal, influenciando às condições de umidade do perfil, de aeração e propriedades térmicas do solo. O presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento do lençol freático e o fluxo de drenos, em cinco anos extremos, que apresentam baixa, média e elevada pluviosidade anual, na cidade de Piracicaba-SP. O estudo foi realizado utilizando o software de Sistema de Drenagem - SISDRENA. Foram avaliados uma série temporal de cinco anos, com pluviosidade média anual abaixo, próxima e acima da média histórica para a cidade de Piracicaba, SP, Brasil. A partir destes anos, realizou-se a estimativa da altura do lençol freático e do fluxo de drenagem para cada um desses períodos, em cada tipo de solo estudado, com texturas Franco-argilosa, Argilosa e Franco-argilo-Siltosa. Foram realizadas simulações com diferentes espaçamentos entre drenos, variando de 10 a 100 m, a uma altura inicial de 0,55 m, para a cultura do milho (*Zea mays*). Em solos com menor coeficiente de drenagem, ocorre a diminuição do fluxo de drenagem a partir do espaçamento de 20 m. Em períodos chuvosos, com elevada pluviosidade anual, ocorreu uma maior altura do lençol freático para os três tipos de texturas de solos estudados.

Palavras-chave: Irrigação; Sisdrena; Infiltração.

P. R. F. SAMPAIO¹; E. D. FANAYA JÚNIOR¹; J. L. DE A. SILVA²; J. H. DE MIRANDA³; S. N. DUARTE³
ESTIMATING DRAINAGE FLOW AND WATER TABLE DEPTH FOR YEARS WITH LOW MEDIUM AND HIGH RAINFALL

2 ABSTRACT

Excessive water in the soil, due to seasonally or periodically high water table levels, is often the main factor limiting crop yield. Water table depth can indirectly affect plant growth and development, due to adverse moisture, aeration soil and thermal conditions in the soil profile. The aim of this study was to evaluate the water table depth and the drain flow for five year periods with low, medium and high annual rainfall. The study was conducted using the Drainage System software - SISDRENA. Water table depth and drainage flow were simulated in three soils (Franco-clay, clay and Franco-silty-clay) for each one of these periods. Simulations were performed for maize (*Zea mays*), with drain spacing ranging from 10 to 100 m and an initial water table height of 0.55 m. In soils with lower drainage coefficient, there was decreased drain flow when the drain spacing exceeded 20m. During rainy periods, with a high annual rainfall rate, the water table was elevated in all three soil types.

Keywords: Irrigation; Sisdrena; Infiltration.

3 INTRODUÇÃO

O processo da drenagem agrícola consiste na remoção do excesso de água dos solos, proporcionando-lhe condições de aeração, estruturação e resistência. O seu objetivo é retirar o excesso de água da superfície do solo, aplicada na irrigação ou proveniente das chuvas; permitir a lixiviação dos sais trazidos pelas águas de irrigação, possibilitando o controle da salinidade; além de controlar a elevação do lençol freático.

Em toda elaboração de projeto, seja ela na área de engenharia civil ou agrícola, é de vital importância conhecer a posição do lençol freático, bem como suas variações em decorrência de precipitações e outros agentes climáticos. A profundidade do lençol freático influi diretamente no crescimento e no desenvolvimento vegetal, pois pode influenciar às condições de umidade do perfil, de aeração e propriedades térmicas do solo (CRUCIANI, 1980).

Quando rebaixado, além do alcance das raízes das plantas, em decorrência de drenagem e/ou do prolongamento de secas sazonais, o lençol freático pode afetar fortemente as atividades agropecuárias. Para o sistema radicular das gramíneas, por exemplo, que atinge uma profundidade média de 20 cm, a altura do lençol freático deverá ser de no mínimo de 40 cm quando associado com irrigação superficial (por aspersão) (GALAGEDARA et al., 2005). Por outro lado, a elevação do lençol freático, pode afetar grandes áreas e gerar prejuízos à agricultura e a outras atividades econômicas.

A utilização de modelos que simulam o desempenho de sistemas de drenagem gerou uma grande quantidade de trabalhos que procuram calcular o espaçamento entre drenos fechados e abertos de forma econômica (DUARTE et al., 1998; MIRANDA, DUARTE & FOLEGATTI, 1998); no entanto, pouco se tem feito para se avaliar o efeito da profundidade de instalação dos drenos. A complexidade da interação entre diversos fatores naturais envolvidos no sistema, como as condições de clima, do solo, da planta, além do próprio sistema, tem gerado dificuldades em prever o desempenho do sistema de irrigação (DUARTE et al., 1998).

O modelo SISDRENA – Sistema de Drenagem (MIRANDA, DUARTE & FOLEGATTI, 1998), é um modelo unidimensional, que contabiliza os principais componentes do balanço diário de água, em um volume de solo homogêneo e de superfície unitária, localizado equidistante entre dois drenos paralelos, e que se estende desde uma eventual camada de impedimento existente no subsolo até a superfície do solo. Sua função de avaliação de

desempenho de sistemas de drenagem é filosoficamente semelhante ao modelo norte-americano Drainmod (SKAGGS, 1990).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento do lençol freático e o fluxo de drenos em cinco anos extremos que apresentam baixa, média e elevada pluviosidade anual, no município de Piracicaba, São Paulo – Brasil.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando o software SISDRENA. Nas telas de entrada do modelo, é possível observar a opção de escolha da textura de solo a ser simulado e, conseqüentemente, o parâmetro condutividade hidráulica do solo saturado (K_0), respectivo à cada tipo de solo (Figura 1 A). Na sequência, permite-se a alteração dos outros parâmetros de entrada, inclusive o Curve Number (CN). O seu valor é dividido em 3 classes, nas quais o CN classe II é o parâmetro de entrada utilizado pelo modelo e, por meio de interpolações, determinam-se os valores do CN classe I e III (Figura 1 B).

Figura 1. Telas do modelo SISDRENA que permite ao usuário a entrada dos parâmetros.

A

Curva de Retenção

Parâmetros da Curva de Retenção

n	1.2685
m	.2117
β	.0538
residual	.112

Tipo de Solo

- Franco-argiloso ($K_0=1$ m/dia)
- Argila ($K_0=0,5$ m/dia)
- F. argilo-siltoso ($K_0=0,1$ m/dia)

B

Simulações - SISDRENA

Dados de entrada

K ₀ (m/dia)	1	Dia do Plantio	
D (m)	2.9		100
L (m)	10	Dia Final do Ciclo	
espague (m/dia)			230
Prof. do Dreno (m)	1.1	Anos de Simulação	
Rain Efetivo (cm)	5		93
Teta Saturado	.572	<input checked="" type="checkbox"/> e/ escoamento	
Teta CC	.434	Anos Simulados	
Teta PMP	.188		93
Teta inicial	.48		
h inicial	.9611		
CN Classe II	64		

Resultados

J (dias)	0.938	YRD (%)	
h1 (m)	-0.2308	100.00	
SEW30	0.00	YRW(%)	
SDw	0.00	100.00	
SDid	0.00	YT (%)	
Número de Dias Secos	0	100.00	

Dias	h(m)	Armaz.(n ppth)
1	-0.2308	1716.00(0.00)
2	-0.2003	1716.00(5.10)
3	-0.2107	1716.00(0.00)
4	-0.2185	1716.00(0.00)
5	-0.2275	1716.00(0.00)

Richard - Hellinga 2009

Foram avaliadas uma série temporal de cinco anos com pluviosidade média anual abaixo, próxima e acima da média histórica para a cidade de Piracicaba, São Paulo, Brasil. A partir desses anos, realizou-se a estimativa da altura do lençol freático e do fluxo de drenagem

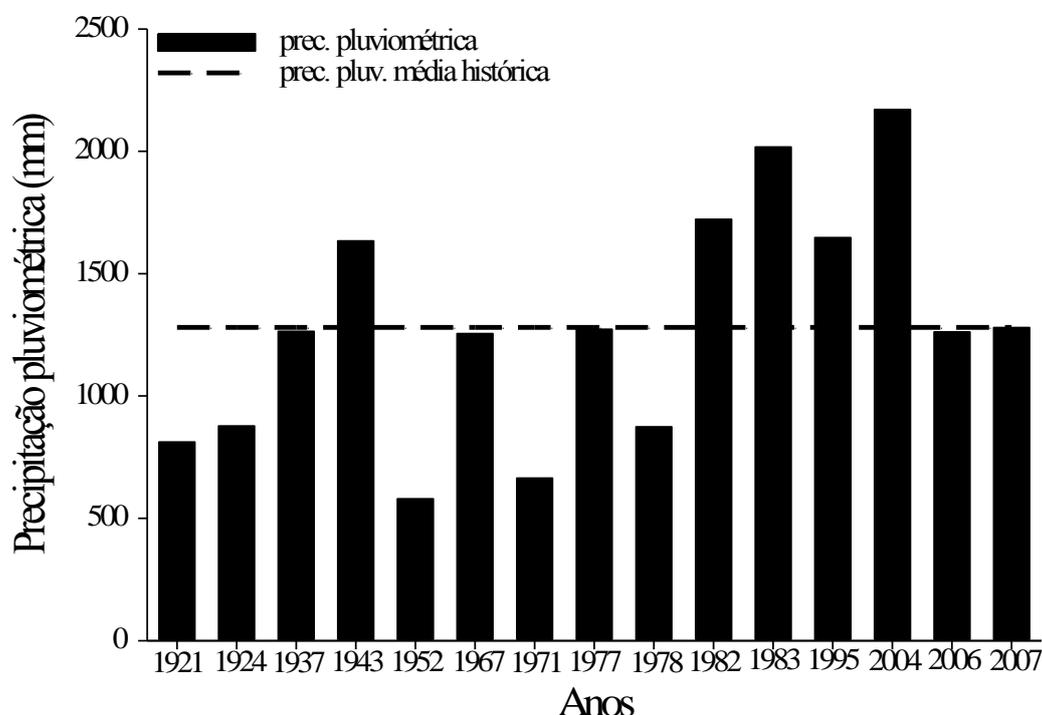
para cada um desses períodos, nos solos com texturas Franco-argilosa, Argilosa e Franco-argilo-Siltosa.

Foram realizadas simulações com diferentes espaçamentos entre drenos (L), variando de 10 a 100 m, a uma altura inicial (h) de 0,55 m, para a cultura do milho (*Zea mays*). Estes dados foram provenientes de uma várzea na região de Piracicaba, no Estado de São Paulo, Brasil, e obtidos por Duarte (1998). Os parâmetros das curvas de retenção, para os três tipos de solos estudados, foram ajustados ao modelo de van Genuchten (1980).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela figura 2 pode-se observar o volume de chuva ocorrido nos anos que foram utilizados para este trabalho, estando a pluviosidade média anual em Piracicaba indicada pela linha tracejada. Os anos de 1943, 1982, 1983, 1995 e 2004, acima da pluviosidade média, destacaram-se como os anos mais úmidos; seguidos dos anos médios, que variaram entre 1937, 1967, 1977, 2006 e 2007; enquanto que as menores médias pluviométricas ocorreram nos anos de 1921, 1924, 1952, 1971 e 1978. A partir desse ponto, realizou-se o estudo das variações de altura do lençol freático e do fluxo de drenagem, diferenciando os espaçamentos de drenos e os tipos de solos utilizados: Franco-argiloso (FAR), Argiloso (ARG) e Franco argilo-Siltoso (FAS).

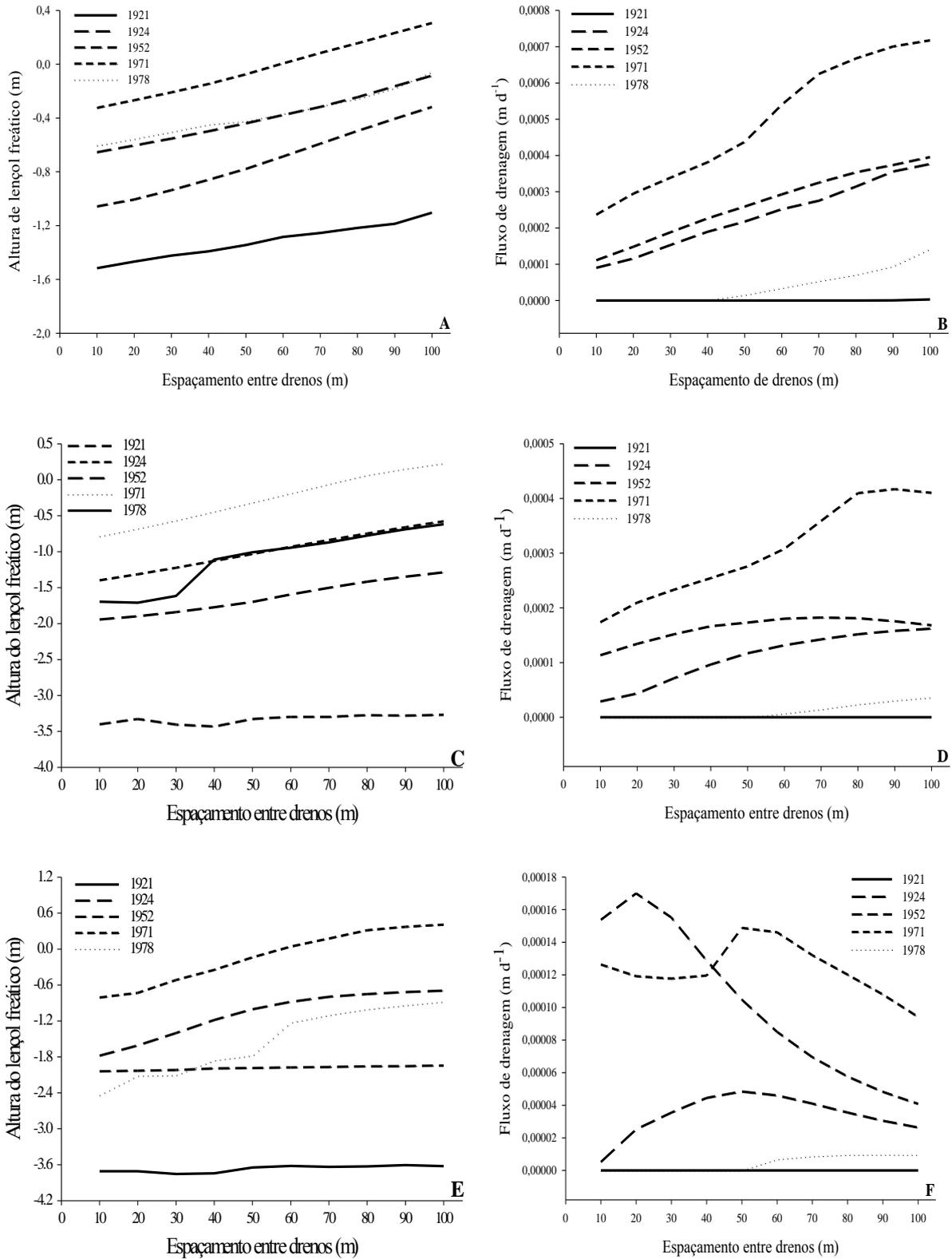
Figura 2. Volume de chuva ocorrido nos anos secos, médios e úmidos, em Piracicaba, São Paulo, Brasil.



A Figura 3 ilustra as alturas do lençol freático, tendo como referência a linha do dreno, e os fluxos de drenagem nos anos com menor volume de chuva. O ano de 1971 apresentou elevadas alturas nos três tipos de solo, comparado aos demais anos. Entretanto, no FAS (Figura

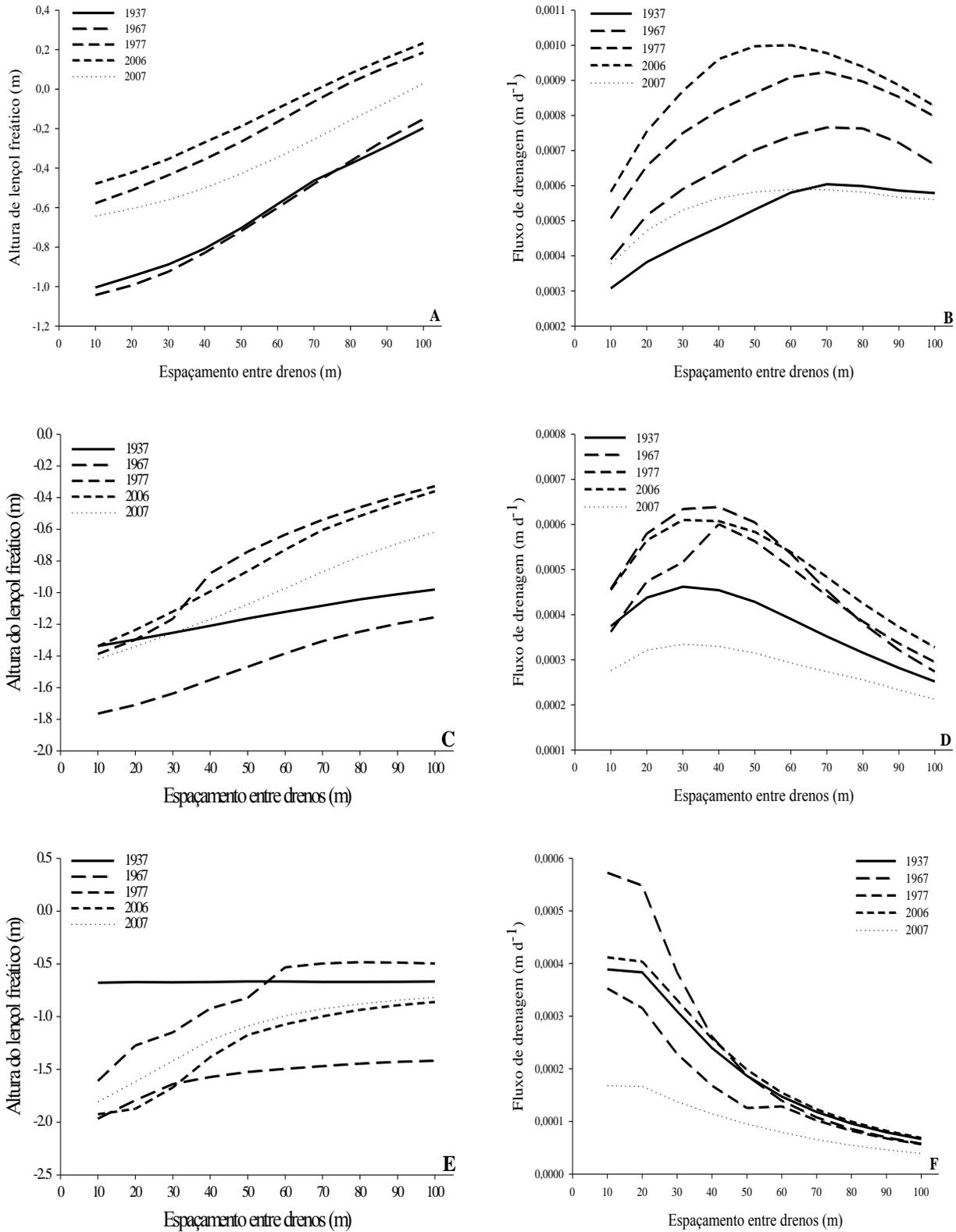
3 F), o ano de 1952 apresentou maior fluxo de drenagem no espaçamento de 20 m e tornou-se a ser inferior a partir do espaçamento de 40 m. O fluxo de drenagem nos solos FAR e ARG apresentou um aumento à medida que se aumenta o espaçamento, diferentemente do solo FAS que, quanto maior for o espaçamento, menor será o fluxo. Este declínio na curva pode estar relacionado com o coeficiente de condutividade hidráulica que, para este solo, é baixo, comparado aos solos franco-argiloso e argiloso.

Figura 3. Altura do lençol freático (A, C e E) e fluxo de drenos (B, D e F) em períodos secos, para os solos com texturas Franco-argilosa, Argilosa e Franco-argilo-Siltosa, respectivamente, em Piracicaba, São Paulo, Brasil.



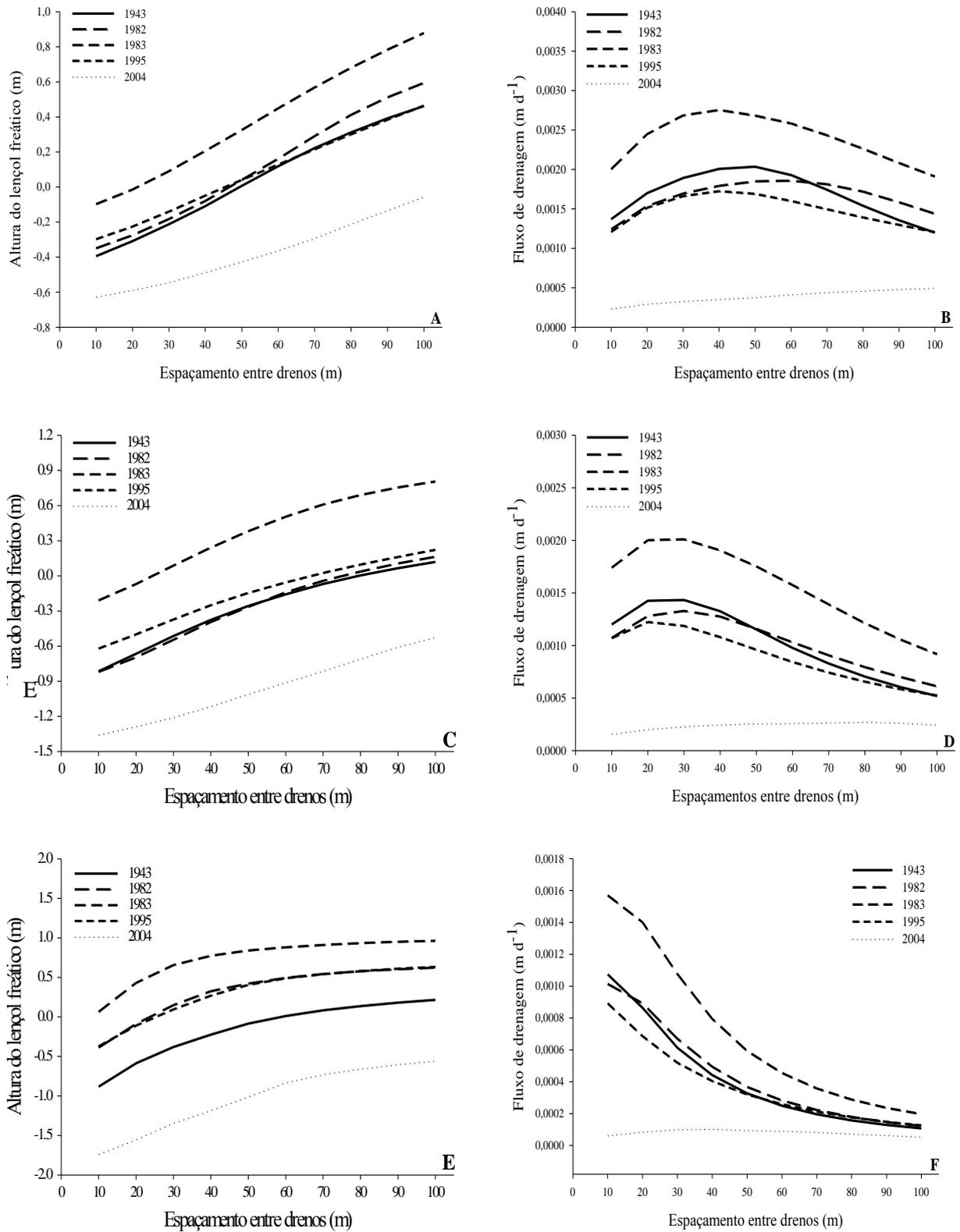
A altura do lençol e fluxo de drenagem para os períodos de média precipitação (Figura 4) apresentaram comportamento diferente do fluxo nos solos FAR e ARG, onde estes têm o seu ápice entre os espaçamentos de, aproximadamente, 50 a 78 m e 23 a 40 m, respectivamente. O FAS tem comportamento semelhante ao visto nos anos secos, porém, em todos os anos ocorre uma queda no fluxo a partir do espaçamento de 20m.

Figura 4. Altura do lençol freático (A, C e E) e fluxo de drenos (B, D e F) em anos com pluviosidade média, para os solos com texturas Franco-argilosa, Argilosa e Franco-argilo-Siltosa, respectivamente, em Piracicaba, São Paulo, Brasil.



Nos anos considerados mais úmidos (Figura 5), diferentemente dos períodos anteriores, houve uma maior elevação do lençol freático a partir do espaçamento de 20 m. Ao mesmo tempo, o fluxo de drenagem dos solos ARG e FAS, começam a diminuir, contribuindo, assim, com a elevação dos lençóis freáticos nos anos estudados.

Figura 5. Altura do lençol freático (A, C e E) e fluxo de drenos (B, D e F) em períodos úmidos, para os solos com texturas Franco-argilosa, Argilosa e Franco-argilo-Siltosa, respectivamente, em Piracicaba, São Paulo, Brasil.



Nos três casos, o que pode ter influenciado esse fluxo de drenagem e a elevação ou diminuição da altura do lençol foi a recarga de água drenada. Isso também pode variar com a distância dos drenos até a camada impermeável, podendo aumentar significativamente a altura do lençol nos anos com maior volume de chuva.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

Ocorre a diminuição do fluxo de drenagem em solos com menor coeficiente de drenagem, a partir do espaçamento de 20 m.

Em períodos chuvosos, ocorre uma maior altura do lençol freático para os três tipos de solos estudados.

7 REFERÊNCIAS

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. São Paulo: Nobel, 1980. 333p.

DUARTE, S. N.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F.; MARTINEZ, M. A. Modelo para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem subterrânea e cálculo de espaçamento de drenos. Parte 1: Desenvolvimento e Análise de Sensibilidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.2, p.19-31, 1998.

GALAGEDARA, L. W.; PARKIN, G. W. ; REDMANC, J. D. ; BERTOLDI, P. von ; ENDRES, A. L. Field studies of the GPR ground wave method for estimating soil water content during irrigation and drainage. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.301, 2005. p.182–197.

MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V. Modelo para simulação da dinâmica da água em sistemas de drenagem subterrânea. **Revista de Engenharia Rural**, Piracicaba, v.9, n.2, p.1-19, 1998.

SKAGGS, R.W. **Drainmod: user's manual**. Raleigh: North Carolina State University, 1990. 101p.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 44:892-898, 1980.