

MATERIAL ENVOLTÓRIO NA DRENAGEM SUBTERRÂNEA

FLORÍCIO P. DE ALMEIDA¹, VERA L. A. DE LIMA², CARLOS A. V. DE AZEVEDO²,
JOSÉ DANTAS NETO², ROBERTO V. PORDEUS³

RESUMO: Em solos de baixa estabilidade estrutural, o transporte, pela água, de partículas do solo para o interior do tubo drenante pode contribuir para o colapso de sistemas de drenagem, devendo o mesmo ser evitado com o uso adequado de envoltório, considerando a importância da drenagem para uma produção agrícola sustentável. Diante disso, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de estudar o comportamento de três materiais envoltórios, sendo dois amplamente utilizados, bidim OP-20 e brita zero, e outro composto de espuma com 5 mm de espessura, que é um material não-convencional. Os tubos drenantes utilizados foram o Drenoflex e o Kananet, com diâmetro nominal de 65 e 75 mm, respectivamente. O desempenho dos envoltórios foi avaliado pela resistência de entrada e descarga, parâmetros tradicionalmente recomendados para esse tipo de análise. Verificou-se que os envoltórios avaliados apresentaram desempenhos hidráulicos satisfatórios, sendo o envoltório em brita zero superior, seguido do material espuma. Concluiu-se, então, que a espuma pode ser utilizada como material envoltório alternativo na drenagem, apresentando, inclusive, desempenho hidráulico superior ao envoltório em manta bidim OP-20.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas drenantes, material não-convencional, resistência de entrada.

ENVELOPE MATERIAL IN THE SUBSURFACE DRAINAGE

ABSTRACT: In soils of low structural stability, transport by water of soil particles into drainage tube can contribute to collapse of drainage systems, which must be avoided with the adequate use of envelope, considering the drainage importance for a sustainable agricultural production. Thus, this research was accomplished with the purpose of studying the behavior of three envelope materials, being two of them widely used, the bidim OP-20 and the zero crush, and other composed of foam with 5.0 mm of thickness, which is a non-conventional material. The drainage tubes used were the Drenoflex and the Kananet, with nominal diameter of 65 and 75 mm, respectively. The envelopes performance was evaluated by the entrance resistance and discharge, parameters traditionally recommended for this kind of analysis. It was verified that evaluated envelopes presented satisfactory hydraulic performance, being the zero crush superior envelope, followed by the foam material. Then, it is concluded that the foam can be used as an alternative envelope material in drainage, presenting inclusively, a superior hydraulic performance to bidim OP-20 envelope.

KEYWORDS: drainage systems, non-conventional materials, entrance resistance.

INTRODUÇÃO

O emprego de envoltório ao redor do dreno foi concebido, durante muitos anos, como material filtrante, o que contrasta com os conhecimentos atuais, os quais mostram que a função principal do envoltório é facilitar o fluxo da água do solo para o tubo-dreno. Diversos tipos de material são colocados ao redor de drenos entubados com a finalidade de evitar o carreamento de partículas do solo para o seu interior. O carreamento pode causar entupimento do dreno ou até mesmo do envoltório,

¹ Pesquisador, Empresa Baiana de Desenvolvimento Agropecuário, Salvador - BA, Fone: (0XX77) 611.4354, floricio@ruralnet.com.br

² Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, CCT/UFCG, Campina Grande - PB, Fone: (0XX83) 3310.1056, antunes@deag.ufcg.edu.br; cazevedo@deag.ufcg.edu.br; zedantas@deag.ufcg.edu.br

³ Professor, ESAM, Mossoró - RN, Fone: (0XX84) 315.1799, rpordeus@esam.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 28-1-2004

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 16-9-2005

quando esse não é bem selecionado e, com isso, levar o sistema de drenagem ao completo fracasso (BATISTA et al., 2001).

Apesar de o uso de envelopes orgânicos ter-se difundido, sua tendência para decomposição microbiológica tornou-se uma desvantagem, favorecendo grande popularidade aos envelopes sintéticos, cuja aplicação é comum na América do Norte e na Europa, e está crescendo rapidamente em países como o Egito, Paquistão e Índia. Envelopes sintéticos tanto podem ser uma tira de geotêxtil embrulhada ao redor do tubo drenante ou envolturas soltas de fibra sintética. A maioria das envolturas soltas de fibra sintética é fabricada a partir de material reciclado, tal como fibras de polipropileno provenientes do desperdício da indústria de tapete (STUYT et al., 2000).

Vários problemas têm sido associados ao uso de material natural inorgânico, tais como, cascalho e areia grossa, principalmente em relação ao alto custo de transporte e escassez desses materiais. Apesar de serem considerados ideais do ponto de vista de sua vida útil, para serem usados como envoltórios, esses materiais são pesados e volumosos, dificultando seu manuseio durante a instalação do sistema de drenagem. Os materiais orgânicos, embora mais leves e menos volumosos, são biodegradáveis e, conseqüentemente, podem ter vida útil curta sob certas condições de intempérie (SALEM & WILLARDSON, 1992).

Em engenharia de drenagem, técnicas de instalação e maquinaria, tanto quanto tubos e materiais, têm sido, continuamente, melhorados durante décadas passadas. O dimensionamento de envoltórios para drenos, no entanto, não tem progredido no mesmo grau. Isso é atribuído ao limitado entendimento das complexas e dinâmicas interações que ocorrem dentro do sistema solo-envoltório, principalmente em solos que são fracamente coesivos (STUYT, 1992).

Em áreas irrigadas, o equilíbrio entre o investimento em irrigação e drenagem deve ser atingido de forma integrada e racional. Investimentos em aspectos particulares da tecnologia e/ou do manejo da irrigação podem reduzir os investimentos requeridos em drenagem. Em outros casos, o investimento de drenagem pode permitir a reutilização de água de drenagem ou o controle do lençol freático, de maneira que a água drenada seja reaproveitada por meio de elevação capilar. Muito pouca ou nenhuma pesquisa tem sido empreendida nessa área (ABBOTT & LEEDS-HARRISON, 1998).

Considerando-se a importância da drenagem para uma produção agrícola sustentável e permanente, esta pesquisa teve como objetivo estudar o comportamento hidráulico de três materiais envoltórios, mediante parâmetros típicos de avaliação, tais como a resistência de entrada e a descarga.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido utilizando-se de modelo físico, baseado na metodologia apresentada por BROUGHTON et al. (1987), constituído de nove lisímetros, construídos de alvenaria e internamente impermeabilizados com neutrox; cada lisímetro media 0,8 m de comprimento, 1,0 m de largura e 0,9 m de altura.

Para a avaliação dos sistemas drenantes, foram instalados nos lisímetros os seguintes dispositivos: uma unidade de abastecimento de água; um sistema drenante composto por tubos e envoltórios; dispositivo para medição de carga hidráulica, e um sistema de descarga do efluente (Figura 1).

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial 3x2, em que os tratamentos corresponderam a dois tipos de tubos e três tipos de envoltórios. Foram utilizados os tubos Drenoflex e Kananet, com diâmetros nominais de 65 e 75 mm, respectivamente, com comprimento de 0,6 m. O tubo Drenoflex apresentava área aberta de $23 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-1}$, com nove fileiras de aberturas, enquanto no tubo Kananet a área aberta era de $110 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-1}$, sob a forma helicoidal.

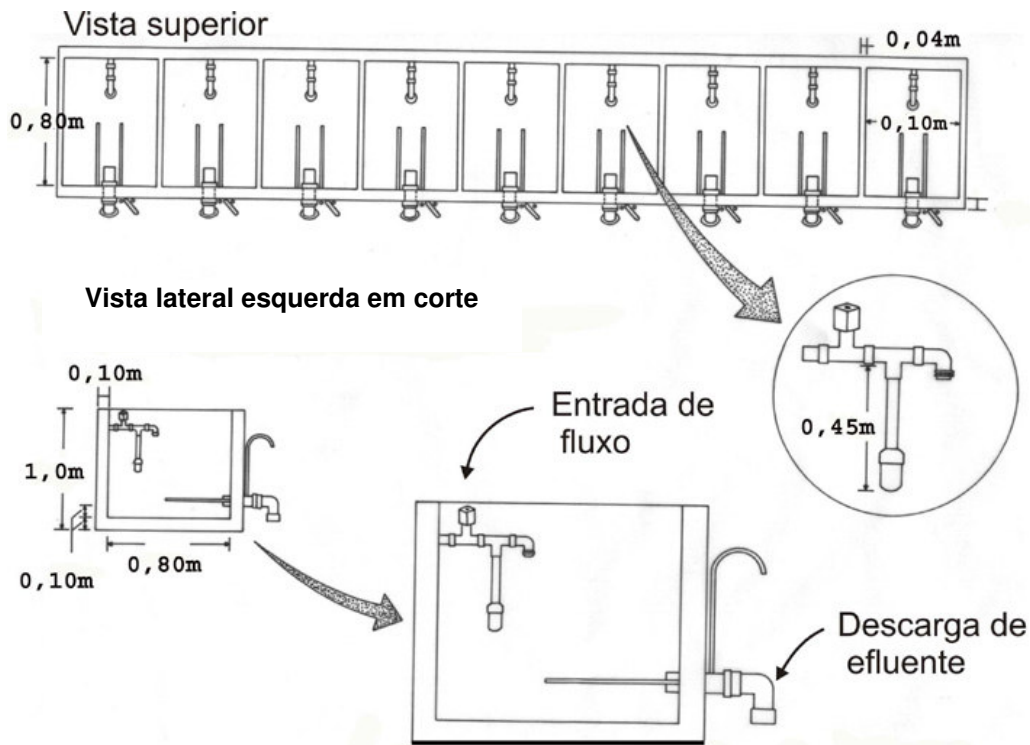


FIGURA 1. Ilustração do modelo físico.

Como envoltórios, foram usados três tipos de materiais: a) uma manta bidim OP-20 de 2 mm de espessura, constituído de poliéster; b) brita zero, e c) uma espuma, produto sintético à base de poliuretano, com 5 mm de espessura.

No ensaio em que se utilizou a brita zero como envoltório, foi necessário o uso de duas chapas de Duraplac com dimensões de 0,76 x 0,35 x 0,03 m, distanciadas a 0,10 m do tubo drenante, que serviram de gabarito na colocação desse envoltório. Os tratamentos relativos a esse tipo de envoltório receberam volume de brita de 0,050 m³, ficando esse com espessura de 0,10 m envolvendo completamente o tubo drenante. Após atingir a espessura predeterminedada, o gabarito foi cuidadosamente retirado, complementando-se, então, o volume do material poroso. O sistema drenante constituído de tubo e envoltório era disposto horizontalmente, centralizado e nivelado a 0,10 m do fundo do lisímetro.

O meio poroso empregado como material-base nos ensaios constituiu-se de areia seca ao ar, passada em peneira com malha de 2 mm, pesada e distribuída nos tanques em camadas de 0,08 m, correspondente a 90 kg, até a obtenção de 900 kg, equivalente a um volume de 0,64 m³ por tanque e espessura de 0,8 m. As características físicas do material poroso utilizado encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Características físicas do material poroso utilizado.

Areia grossa (g kg ⁻¹)	210,0
Areia fina (g kg ⁻¹)	750,0
Silte (g kg ⁻¹)	20,0
Argila (g kg ⁻¹)	20,0
Densidade global (kg dm ⁻³)	1,4
Densidade real (kg dm ⁻³)	2,6
Condutividade hidráulica (m dia ⁻¹)	26,8

Para a avaliação dos sistemas drenantes, foram realizados testes de descarga dos efluentes e registro das cargas hidráulicas de entrada e total nos lisímetros. Para a realização dos testes, fechava-se, inicialmente, o ponto de descarga e abria-se o registro de alimentação de cada lisímetro até alcançar a saturação do material poroso, o que era constatado pelo posicionamento dos níveis hidráulicos nos piezômetros. Depois de alcançada a saturação, o fornecimento de água era interrompido, sendo em seguida aberto o ponto de descarga para a coleta do efluente, promovendo o rebaixamento do lençol freático. A cada coleta de efluente, era pesado o volume d'água em intervalos de tempo de descarga. Procedeu-se dessa maneira até que fosse verificada uma descarga mínima em cada sistema drenante. O tempo de descarga durou, em média, 1 h 30 por teste. Durante os testes, foram registradas as leituras das cargas hidráulicas obtidas nos piezômetros.

A resistência de entrada foi calculada a partir dos dados da descarga e da carga hidráulica conforme metodologia apresentada por WESSELING & SOMEREN (1972). O desempenho dos sistemas drenantes foi avaliado com base na resistência de entrada e na descarga, seguindo critérios propostos por DIELEMAN & TRAFFORD (1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação dos tubos Drenoflex e Kanonet mostra semelhança na resistência de entrada, para os envoltórios bidim e brita zero; já para o envoltório Espuma, o tubo Drenoflex apresentou maior resistência. Observou-se que a maior resistência foi para o envoltório Bidim (Tabela 2). Quanto à resistência de entrada para os envoltórios espuma e brita zero, foi significativamente inferior à obtida para o envoltório bidim nos dois tubos estudados. A avaliação do desempenho dos tubos de drenagem, no que se refere à resistência de entrada (Tabela 2), mostra que a menor e a maior resistência de entrada foram constatadas com a utilização dos envoltórios de brita zero e bidim, respectivamente, nos dois tipos de material drenante. O envoltório espuma apresentou resistência intermediária entre os envoltórios de brita zero e bidim. Quando se comparou a espuma com a brita zero, verificou-se que esses envoltórios não apresentaram diferença significativa, para os dois tubos drenantes. No entanto, quando comparada com o envoltório bidim, verificou-se que a espuma difere estatisticamente, apresentando menor resistência de entrada para os dois tubos drenantes: Drenoflex e Kanonet.

TABELA 2. Médias da resistência de entrada e da descarga para os materiais envoltórios *versus* materiais drenantes.

Causas de Variação	Resistência de Entrada			Descarga		
	Bidim	Brita zero (dia m ⁻¹)	Espuma	Bidim	Brita zero (m ³ dia ⁻¹ m ⁻¹)	Espuma
Drenoflex	0,0120 a A	0,0066 b A	0,0086 b B	14,0467 c A	29,6267 a A	22,3033 b A
Kanonet	0,0121 a A	0,0066 b A	0,0079 b B	15,6100 c A	30,0233 a A	23,3433 b A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem a 5% (Tukey).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem a 5% (Tukey).

Conforme Tabela 2, o envoltório brita zero apresentou os menores valores para a resistência de entrada e os maiores valores para a descarga, seguido da espuma nos dois tipos de material drenante avaliados. Embora a análise estatística realizada pelo teste de Tukey mostre diferença altamente significativa ($P < 0,01$), envolvendo os materiais envoltórios em combinação com os tubos drenantes, verifica-se que essa diferença não foi manifestada com os envoltórios de brita zero e espuma, os quais produziram o mesmo efeito na resistência de entrada. Conforme os critérios propostos por WESSELING & SOMEREN (1972) e DIELEMAN & TRAFFORD (1976), todos os valores de resistência de entrada apresentados na Tabela 2 caracterizam como bons os sistemas drenantes.

Na Figura 2, apresenta-se a influência da carga hidráulica na resistência de entrada, verificando-se que, para os dois tubos estudados, a menor resistência foi para o envoltório brita-zero, enquanto a maior foi para o bidim; nos três envoltórios, a resistência de entrada decresceu com o crescimento da carga hidráulica. No tubo Kanonet, a resistência de entrada decresceu suavemente com o crescimento da carga hidráulica para os três envoltórios, havendo decréscimo mais acentuado para carga hidráulica superior a 0,4 m, enquanto no material Drenoflex ocorreu pouca variação na resistência com o crescimento da carga hidráulica para os envoltórios bidim e espuma, com decréscimo mais acentuado da resistência para carga hidráulica superior a 0,4 m. Já para o envoltório Brita, a variação da resistência de entrada com a carga hidráulica apresentou comportamento similar tanto no tubo Drenoflex como no Kanonet.

Os resultados apresentados na Tabela 2 e na Figura 2 mostram que, em relação à resistência de entrada e à descarga, o envoltório de brita zero é ideal para a drenagem agrícola. Esse comportamento da brita zero pode ser explicado pela sua granulometria uniforme, predomínio de poros relativamente grandes e uniformes e espessura do envoltório (0,10 m) envolvendo todo o tubo drenante.

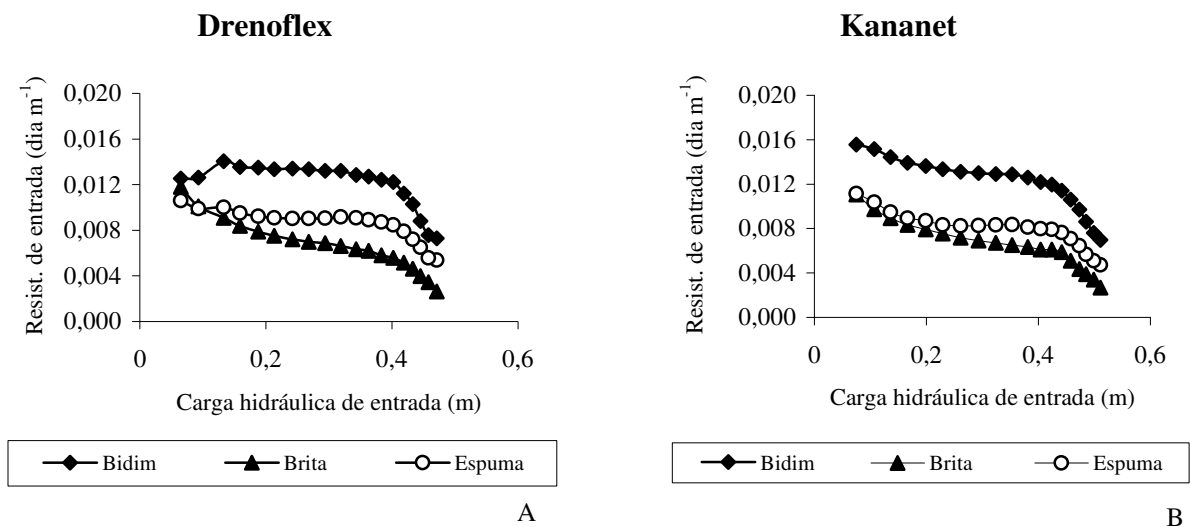


FIGURA 2. Curvas de resistência de entrada *versus* carga hidráulica de entrada para os diferentes envoltórios e tubos drenantes.

As curvas de descarga dos sistemas drenantes apresentaram comportamentos característicos, inicialmente com altas taxas e, em seguida, decrescendo gradualmente, com tendência a zerar (Figura 3 A e B). Observa-se que a descarga alcançou valor máximo em torno de $100 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ m}^{-1}$ no período avaliado, para o envoltório de brita zero, contra $60 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ m}^{-1}$ e $35 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \text{ m}^{-1}$, para os envoltórios de espuma e bidim, respectivamente, demonstrando alta capacidade de rebaixamento do lençol freático do envoltório brita zero em menor espaço de tempo.

O envoltório de espuma apresentou desempenho hidráulico satisfatório quanto à descarga, com acréscimos de cerca de 50% e 60% superiores ao bidim para os tubos drenantes Kanonet e Drenoflex, respectivamente. Do ponto de vista da resistência de entrada e da descarga, o envoltório de espuma poderá substituir os materiais envoltórios convencionais. Acrescenta-se, ainda, o fato de esse material ser de fácil obtenção no mercado e de custo relativamente acessível. Dessa forma, a espuma poderá ser utilizada como alternativa na escolha de envoltório, nos projetos de drenagem agrícola.

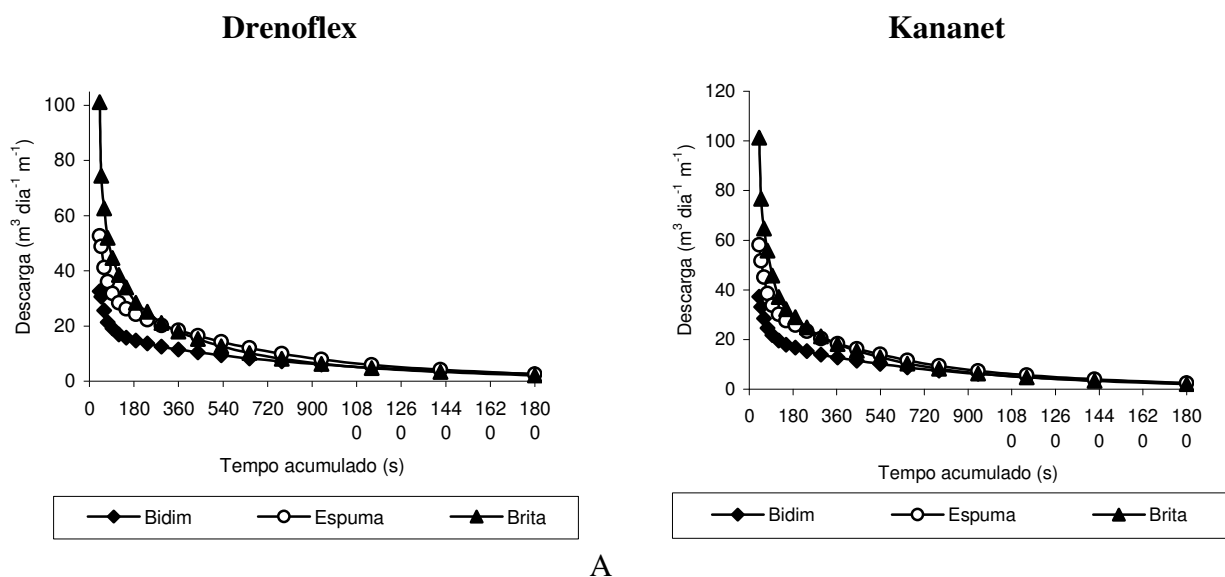


FIGURA 3. Curvas de descarga *versus* tempo acumulado de drenagem para os diferentes envoltórios e tubos drenantes.

CONCLUSÕES

Os envoltórios em manta bidim OP-20, brita zero e espuma apresentaram desempenhos hidráulicos satisfatórios, sendo o envoltório em brita zero superior, seguido do material espuma.

A espuma, produto sintético à base de poliuretano, pode ser utilizada como opção para material envoltório na drenagem, apresentando, inclusive, desempenho hidráulico superior ao envoltório em manta bidim OP-20.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, C.L.; LEEDS-HARRISON, P.B. *Research priorities for agricultural drainage in developing countries*. United Kingdom: HR Wallingford, 1998. 17 p. (Report OD/TN92)
- BATISTA, M.J.; NOVAES, F.; SANTOS, D.G. *Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos*. Brasília: SRH, 2001. 203 p.
- BROUGHTON, R.S.; CHIRADA, K.E.; BONNELL, R.B. Test of drain tubes with pin holes and small slots. In: ASAE. *Drainage design and management*, 1987. p.362-71. (Publication, 7)
- DIELEMAN, P.J.; TRAFFORD, B.D. *Ensayos de drenaje*. Rome: FAO/ONU, 1976. 172 p. (Irrigation and Drainage Paper, 28).
- FERREIRA, P.V. *Estatística experimental na agronomia*. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.
- SALEM, H.EL-S.; WILLARDSON, L.S. Comparison of the performance of thick and thin envelope materials. In: INTERNATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 6., 1992, Michigan. *Proceedings...* St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1992. p.411- 18. (Drainage and Water Table Control)
- STUYT, L.C.P.M. Effect of drain envelopes on the water acceptance of wrapped subsurface drains. In: INTERNATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 6., 1992, Michigan. *Proceedings...* St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1992. p.257-63. (Drainage and Water Table Control)
- STUYT, L.C.P.M.; DIERICKX, W.; BELTRAN, J.M. *Materials for subsurface land drainage systems*. Rome: FAO, 2000. 183 p. (Irrigation and Drainage Paper, 60)
- WESSELING, J.; SOMEREN, C.L. Van. *Drainage materials: provisional report of the experience gained in the Netherlands*. Rome: FAO/ONU, 1972. p.55-83. (Irrigation and Drainage Paper, 9)