

IMPERMEABILIZAÇÃO DE CANAIS DE TERRA COM SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS, PARA FINS DE IRRIGAÇÃO*

Antônio Ermano Interaminense
Blamor Torres Loureiro
Juarez de Sousa e Silva
Telmo Carvalho Alves da Silva**

1. INTRODUÇÃO

A irrigação no Brasil contribui ainda com pequena parcela para o desenvolvimento da agricultura do País, gerando apenas cerca de 4% da produção total do setor, ocupando uma área de, aproximadamente, 550.000 ha, 70% dos quais no sul do país (5).

Em regiões em que há necessidade de se manter um sistema de irrigação, para possibilitar o êxito da exploração agrícola, é comum deparar-se com o problema das altas perdas d'água por infiltração em canais de terra, elevando os custos operacionais da irrigação, tornando-a praticamente impossível de ser realizada, quando se têm grandes áreas e poucos recursos hídricos.

Em vários países, como afirmou ZIEROLD REYES (13), essas perdas d'água por infiltração variam de 30 a 50%.

DUARTE (4), em solos da série «Ecologia», no Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola (I.E.E.A.), estudou o problema de redução das perdas d'água por percolação em canais de terra para irrigação, quando os canais eram tratados com uma solução de NaOH à concentração 60/oo. Verificou que, antes do tratamento com a solução, as perdas d'água ao longo do canal foram de 2,98 l/s, correspondendo a 34,65% do total d'água aplicada no canal. Após o tratamento, constatou uma redução de 16,05% nas perdas, apesar da baixa percentagem de argila existente no solo estudado.

BARRETO *et alii* (2) estudaram a influência da declividade nas perdas de solo e d'água nos canais não vegetados, com tratamento de solução de NaOH a 30/oo, verificando que, para as declividades de 1 a 50/oo, a perda de solo foi mínima, enquanto a perda d'água por infiltração foi máxima. Com o acréscimo do declive, reduziu-se a perda d'água, tendo sido aumentada a perda de solo. Para medir as vazões de entrada e saída, os autores usaram vertedores triangulares de 90° de paredes delgadas e de queda livre.

* Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para obtenção do Grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 04-07-1975.

** Respectivamente, Engenheiro-Agrônomo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste-SUDENE, Professores Assistentes e Prof. Adjunto da Universidade Federal de Viçosa.

PURI (7) testou a impermeabilização com Na_2CO_3 a 10/00 em dois canais com comprimento de 30 m cada, verificando que seu efeito na perda d'água por infiltração foi notável. A perda d'água foi reduzida de 50% em um caso e de 45% no outro, durante um período de 4 dias.

O mesmo autor adotou procedimento idêntico num canal de 20 km. O canal foi suprido com uma vazão de 54 pés cúbicos/s (1530,00 l/s). Com essa vazão, foram feitas medições que mostraram uma economia de 2,3 pés cúbicos/s (65,00 l/s) d'água.

REGINATO *et alii* (8), em experimentos de laboratório e campo, objetivando modificar a estrutura do solo, utilizaram cloreto de sódio (NaCl), pirofosfato de tetrassódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), hexametáfosfato de sódio ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{21}$) e Na_2CO_3 . Verificaram que o NaCl reduziu a infiltração nos testes de laboratório, porém sua eficiência durou apenas seis meses nos reservatórios tratados.

SEWELL (9) realizou uma série de testes em laboratório, usando oito tipos de solos do Tennessee, onde havia problemas de vedação em reservatórios. As amostras foram tratadas com várias substâncias químicas, e os tratamentos que mais se destacaram, para todos os solos, foram os referentes à aplicação de Na_2CO_3 e pirofosfato de sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) a 12,5 e 5 t/ha, respectivamente.

O autor constatou que a permeabilidade das amostras de solo não tratadas era 14 a 92 vezes maior do que no solo tratado com Na_2CO_3 e 16 a 50 vezes em relação ao solo tratado com $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

Estudos de permeabilidade em amostras de solo secado no ar, com permeâmetro, realizados por SEWELL (10), utilizando Na_2CO_3 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ e NaCl, encontraram, para solos Armour, argila franco-siltosa, um coeficiente de permeabilidade de $K = 0,030$ cm/dia. Segundo o autor, esses testes indicam que seriam necessárias, aproximadamente, 7,5 t de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ou cerca de 17,5 t de Na_2CO_3 por hectare para se conseguir o mesmo efeito.

Johnsn *et alii*, citados por SEWELL (11), tratando dois vazamentos em reservatório assentado sobre material geológico de formação eólica, em Iowa, com $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a 5,5 e 11 t/h, respectivamente, para o primeiro e o segundo vazamentos, constataram uma redução das perdas por infiltração da ordem de 20%, em relação às que ocorriam antes dos tratamentos.

WICKLINE (12) cita uma represa assentada sobre um solo calcário que nunca havia armazenado mais do que uma altura de 45,72 cm d'água. Após o solo ter sido tratado com tripolifosfato de sódio ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) passou a armazenar um altura de 121,92 cm d'água.

Bittencourt, citado por BARRETO (1), em ensaio de laboratório, para barragem, submeteu amostras de Terra Roxa Misturada a tratamento de NaOH, Na_2CO_3 e Na_2SiO_3 a várias concentrações. Uma das amostras foi tratada exclusivamente com água, servindo como testemunha. O autor acentuou que os resultados mostraram, para esse tipo de solo, que o tratamento com NaOH a 30/00 é mais que suficiente na impermeabilização, pois as perdas d'água por infiltração, nesse caso, foram insignificantes (0,244 mm/h). Para a substância Na_2SiO_3 , o melhor tratamento foi com solução a 60/00, enquanto, para solução de Na_2CO_3 , a melhor concentração foi a 40/00, dando, respectivamente, 24,8 e 13,0 mm/h em altura percolada.

Sendo a impermeabilização química um meio eficaz para reduzir as perdas advindas da infiltração d'água, procurou-se dar continuidade ao estudo, de acordo com os trabalhos (1, 2, 4, 7), desenvolvendo-se este, que testará a eficiência de três compostos químicos: hidróxido de sódio (NaOH), carbonato de sódio (Na_2CO_3) e metassilicato de sódio (Na_2SiO_3), em quatro concentrações, para se reduzirem as perdas por infiltração, visando, assim, a maior economia d'água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas três substâncias químicas neste trabalho, visando à impermeabilização de canais de terra, construídos em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço, com o objetivo de reduzir as perdas d'água por infiltração. O trabalho foi inicialmente executado em laboratório, usando percoladores para selecionar as concentrações mais eficientes.

Na construção dos percolares utilizou-se mangueira cristal com 50 cm de comprimento e 4 cm de diâmetro, telada na extremidade inferior.

2.1. Laboratório

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, no período de agosto-setembro/74.

Inicialmente, foram coletadas as amostras de material de solo de 0 a 30 cm de profundidade, em vários pontos da área, onde, posteriormente, seriam construídos os canais, e dessas amostras se obteve terra fina secada ao ar (TFSA).

As análises granulométrica e química do material foram feitas no Laboratório de Solos do Departamento de Fitotecnia da U.F.V., e os resultados se vêem nos Quadros 1 e 2.

QUADRO 1 - Análise granulométrica do solo da fazenda Paraíso

Areia grossa %	Areia fina %	Silte %	Argila %	Classificação textu- ral
9	10	28	53	Argilosa

Realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

QUADRO 2 - Análise química do solo da fazenda Paraíso

pH em água (1: 2,5)	Ca+Mg (eq. mg/ 100g)	K (eq. mg/ 100g)	Na (eq. mg/ 100g)	H+Al (eq. mg/ 100g)	CTC (eq. mg/ 100g)	S (eq. mg/ 100g)	V %	M.O. %
5,6	5,36	0,10	0,09	4,96	10,51	5,55	52,80	1,60

Realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

O experimento constou de um arranjo fatorial 2 x 3 x 4, disposto no delineamento em blocos casualizados, com três repetições, para dois teores de umidade do solo (T), três substâncias (S) e quatro concentrações (C), totalizando 24 tratamentos, onde cada tubo percolador representava uma parcela.

Os níveis dos fatores testados foram os seguintes:

1) Para teor de umidade do solo:

T₁ — Solo úmido (TFSA + 150 ml d'água)

T₂ — Solo seco (TFSA)

2) Para substância:

S₁ — Hidróxido de sódio — NaOH

- S₂ — Carbonato de sódio — Na₂CO₃
S₃ — Metassilicato de sódio — Na₂SiO₃

3) Para concentração:

- C₁ — Concentração de 10/100 da substância
C₂ — Concentração de 30/100 da substância
C₃ — Concentração de 50/100 da substância
C₄ — Concentração de 70/100 da substância

2.1.1. *Preparo dos Percoladores*

Foram instalados numa estante de madeira, Figura 1, 72 percoladores, sendo que cada um recebeu 500 g de TFSA, equivalente a uma coluna de, aproximadamente 0,30 m. Visando a conseguir um acondicionamento homogêneo nas colunas de solo, foi usado um motor de agitação de transmissão cônica Sargeant, com um bastão de 60 cm, terminado por um arranjo de fios metálicos que possibilitou uniformizar o solo nos tubos. A ponta para uniformização foi inserida no tubo, enquanto o solo era despejado pela parte superior, o tubo era gradualmente abaixado. Procurou-se manter a ponta do agitador enterrada 3 cm no solo, durante toda a fase de enchimento dos tubos.

Após a montagem da estante de percoladores, metade dos tubos foi umedecida com 150 ml d'água por percolador, antes de receber as respectivas substâncias químicas. Decorridas 24 h da aplicação d'água, ocasião em que ela já se havia infiltrado, aplicaram-se 30 ml de solução nas concentrações: C₁, C₂, C₃ e C₄ em cada tubo. Duas horas após a infiltração dos 30 ml da solução, aplicaram-se 300 ml d'água, anotando-se a hora da aplicação.

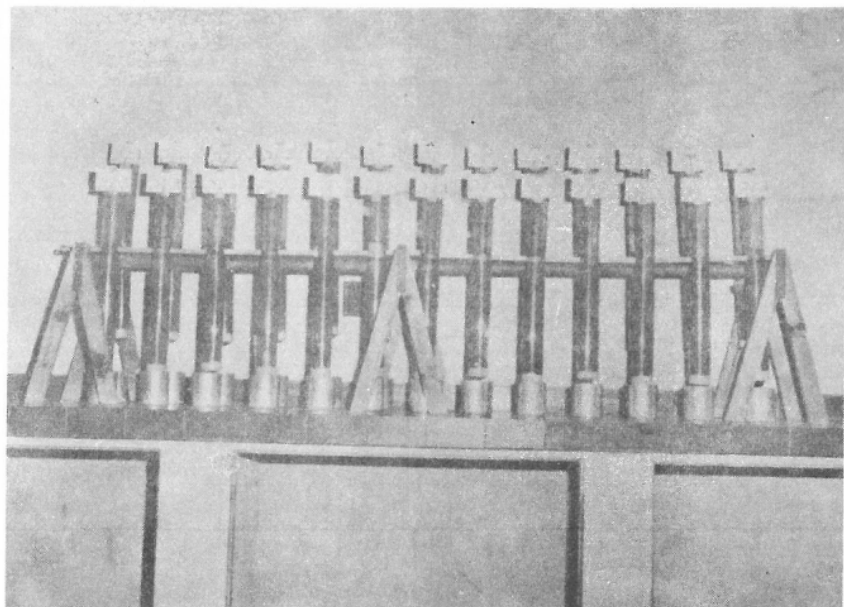


FIGURA 1 - Estante de tubos percoladores usados no teste de laboratório.

Depois de 24 h, mediu-se através de uma proveta, a água não infiltrada, e, por diferença, determinou-se a água infiltrada. A água percolada era coletada em um reservatório metálico instalado na parte inferior de cada tubo percolador.

As análises estatísticas desses dados foram feitas de acordo com os modelos indicados por PIMENTEL GOMES (6).

Para cada substância foram escolhidas as duas concentrações que se mostraram mais eficientes e econômicas, para serem levadas ao campo.

Os tratamentos ficaram resumidos como segue:

1. T₁S₁C₁ (solo úmido tratado com hidróxido de sódio à concentração de 10/00)
2. T₁S₁C₂ (solo úmido tratado com hidróxido de sódio à concentração de 30/00)
3. T₁S₂C₁ (solo úmido tratado com carbonato de sódio à concentração de 10/00)
4. T₁S₂C₂ (solo úmido tratado com carbonato de sódio à concentração de 30/00)
5. T₁S₃C₂ (solo úmido tratado com metassilicato de sódio à concentração de 30/00)
6. T₁S₃C₃ (solo úmido tratado com metassilicato de sódio à concentração de 50/00)
7. T₁S₀C₀ (solo úmido não tratado).

2.2. Campo

O experimento no campo foi realizado durante o período de setembro-novembro/74, e o delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo que cada parcela foi constituída de um canal.

2.2.1. Construção dos Canais e Instalação das Calhas

Foram construídos 28 canais de seções iguais às das extremidades da calha, com área molhada e 0,15 m², comprimento de 60 m e declividade de 20/00.

A fim de se manter os taludes com a inclinação desejada, tornou-se necessário fazer uma ligeira compactação deles, assim como do fundo do canal.

As calhas foram instaladas nas extremidades de cada canal, a uma distância de 50 m entre elas.

2.2.2. Aplicação das Substâncias Químicas e da Água

Cada canal foi umedecido para assegurar a condição de laboratório, quando da seleção das concentrações dos referidos tratamentos. Utilizou-se um regador de crivo fino, a fim de se conseguir a mais adequada homogeneização na distribuição das soluções, tanto no fundo quanto nos taludes dos canais. Aplicou-se a água após decorridas 2 h da completa infiltração da solução no canal.

2.2.3. Medição das Vazões e Duração do Ensaio

A medição das vazões de entrada e saída da água dos canais foi efetuada por meio dos medidores WSC flume «C», e a vazão de entrada foi regulada para 28,5 l/s.

Após o fluxo atingir a calha de saída, foram feitas leituras, a cada 5 minutos, das alturas de carga nas calhas. A duração do ensaio foi função do tempo necessário à estabilização da carga na calha de saída.

Em razão da diferença de vazões das calhas, determinou-se a quantidade d'água perdida por infiltração a longo do canal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ensaio de Laboratório

A análise de variância, para a água infiltrada em ml/24 h, mostra que o F para os fatores concentração (C), substância (S) e para as interações (CxS), (CxT), (SxT) e (CxSxT) é significativo, ao nível de 1% de probabilidade, não ocorrendo, no entanto, diferença significativa, mesmo ao nível de 5% de probabilidade, para o fator de umidade do solo (T). Esse resultado não concorda com o obtido por DUARTE (4), que, usando método semelhante, alcançou maior eficiência para o NaOH com o solo previamente umedecido. É provável que as diferenças observadas tenham sido consequência da baixa percentagem de argila do solo e das dife-

rentes concentrações.

Em vista de a interação (CxSxT) apresentar-se estatisticamente significativa, ao nível de 1% de probabilidade, estudou-se a influência dos níveis de um fator fixando os outros dois.

A análise de variância, quando se estudou o fator teor de umidade do solo, dentro de cada substância e cada concentração, mostrou haver diferença significativa, ao nível de 1% de probabilidade, para o fator teor de umidade do solo dentro do Na_2CO_3 a concentração de 10/oo e Na_2SiO_3 às concentrações de 1 e 70/oo, respectivamente, e ao nível de 5% de probabilidade para o Na_2CO_3 à concentração de 50/oo. Não houve, no entanto, diferença significativa, mesmo ao nível de 5% de probabilidade, para as substâncias NaOH às concentrações de 1, 3, 5 e 70/oo, Na_2CO_3 às concentrações de 3 e 70/oo e Na_2SiO_3 às concentrações de 3 e 50/oo.

Como se observa, os resultados encontrados para o NaOH nas quatro concentrações, para o Na_2CO_3 às concentrações de 3 e 70/oo e para o Na_2SiO_3 às concentrações de 3 e 50/oo podem ser usados indistintivamente, independentemente do teor de umidade do solo a ser escolhido, ressaltando-se, no entanto, o direito no uso da concentração que for menos dispendiosa.

A análise de variância que estuda o fator concentração, dentro de cada teor de umidade do solo e cada substância, mostra ocorrer diferença significativa, ao nível de 1% de probabilidade, para o solo úmido tratado com Na_2SiO_3 e para o solo seco tratado com Na_2CO_3 e Na_2SiO_3 , bem como diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, para o solo úmido tratado com Na_2CO_3 , não havendo diferença significativa, mesmo ao nível de 5% de probabilidade, tanto para o solo úmido quanto para o solo seco, quando tratados com o NaOH. Com esse resultado, pode-se aplicar o NaOH tanto no solo úmido quanto no solo seco, independentemente da concentração a ser usada.

As médias referentes às quantidades d'água infiltrada, quando se estudou o fator concentração, dentro de cada teor de umidade do solo e cada substância, conforme Quadro 3, comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, mostram que, para o Na_2CO_3 , quando aplicado em solo úmido, a melhor concentração foi a de 10/oo, apresentando diferença significativa em relação às demais. As concentrações de 3, 5 e 70/oo se comportaram igualmente. Para o solo seco, as concentrações de 3, 5 e 70/oo se comportaram igualmente e, por sua vez, quando comparadas com a concentração de 10/oo se comportaram igualmente, e, por sua vez, quando comparadas com a concentração de 10/oo, apresentaram diferenças significativas.

Para o Na_2SiO_3 , quando aplicado em solo úmido, as concentrações de 3, 5 e 70/oo se comportaram igualmente, diferindo significativamente quando comparadas com a concentração de 10/oo. Quando o Na_2SiO_3 foi aplicado em solo seco, as concentrações de 5 e 70/oo mostraram-se melhores, não havendo diferença significativa entre elas. Quando comparadas com as concentrações de 1 e 30/oo, ocorreram diferenças significativas, havendo também diferença significativa entre as concentrações de 1 e 30/oo.

Quando se estudou o fator substância, dentro de cada teor de umidade do solo e cada concentração, conforme análise de variância, ocorreram diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, para o fator substância do solo úmido em todas as concentrações e dentro do solo seco nas concentrações de 1 e 30/oo, e, ao nível de 5% de probabilidade, na concentração de 50/oo. Já para o fator substância dentro do solo seco na concentração de 50/oo. Já para o fator substância dentro do solo seco na concentração de 70/oo não houve diferença significativa. As substâncias comportaram-se da mesma maneira dentro do solo seco na concentração de 70/oo. Isto evidencia que no solo seco, à concentração de 70/oo, pode-se usar qualquer uma das três substâncias.

As médias referentes às quantidades d'água infiltrada, quando se estudou o fator substância, dentro de cada teor de umidade do solo e cada concentração, mostradas no Quadro 4, comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, evidenciam que, para o solo úmido à concentração de 10/oo, as substâncias NaOH e Na_2CO_3 não diferiram estatisticamente, mas foram significativamente da substância Na_2SiO_3 , sendo que as duas primeiras substâncias são as melhores em razão de proporcionarem menores perdas d'água.

As substâncias Na_2CO_3 e Na_2SiO_3 , no solo úmido e nas concentrações de 3, 5 e 70/oo, são estatisticamente iguais, mas diferem de NaOH, sendo que a melhor substância é o NaOH, porque proporciona melhor impermeabilização do solo.

A substância NaOH, no solo seco, foi estatisticamente diferente da Na_2CO_3 e

QUADRO 3 - Médias das quantidades d'água infiltrada, em ml/24 h, quando estudado o fator concentrado (C), dentro de cada teor de umidade (T) e cada substância (S), no ensaio de laboratório

	T ₁		T ₂	
	S ₂	S ₃	S ₂	S ₃
C ₁	26,66 a	153,33 a	131,66 a	106,66 a
C ₂	53,33 b	61,66 b	60,00 b	65,00 b
C ₃	53,33 b	40,00 b	38,33 b	41,66 c
C ₄	50,00 b	56,66 b	41,66 b	25,00 c

As médias dentro das colunas, seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na₂SiO₃, às concentrações de 3, 5 e 70/oo. As substâncias Na₂CO₃ e Na₂SiO₃ foram significativamente diferentes na concentração de 10/oo, tendo comportamento idêntico nas concentrações de 3 e 50/oo. Neste caso, o NaOH foi também a melhor substância.

A manipulação dos dados obtidos em laboratório mostrou, conforme discussão anterior, que o NaOH, nas quatro concentrações usadas, foi a substância que melhor se comportou, seguido, respectivamente, pelo Na₂CO₃, tanto no solo úmido quanto no solo seco. Verificou-se, também, que a percolação decresce com o acréscimo da concentração, tanto do NaOH quanto do Na₂SiO₃, para os solos úmidos e secos, porém para o Na₂CO₃ não se observou tal decréscimo para o solo úmido.

Apesar de em determinadas interações, em que o teor de umidade do solo se fez presente, ocorrerem diferenças significativas, achou-se por bem usar, no ensaio de campo, solo úmido, não somente em razão da praticabilidade de operação mas também do resultado da análise de variância, que mostrou não ter ocorrido diferença significativa para o fator teor de umidade.

Na escolha das concentrações, selecionaram-se para cada substância, as duas que melhor se destacaram, tanto como impermeabilizantes como dispendiosas.

Deste modo, foram levadas para o campo as três substâncias, nas concentrações:

- 1) NaOH às concentrações de 1 e 30/oo
- 2) Na₂CO₃ às concentrações de 1 e 30/oo
- 3) Na₂SiO₃ às concentrações de 3 e 50/oo

3.2 Ensaio de Campo

A análise de variância dos dados referentes à água infiltrada nos canais, após receberem as aplicações com as substâncias químicas nas respectivas concentrações, mostra que o F para tratamentos é significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 4 - Médias das quantidades d'água infiltrada em ml/24 h, quando se estudou o fator sub-
tância (S) dentro de cada teor de umidade (T) e cada concentração (C), no ensaio de
laboratório

	T ₁				T ₂		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃
S ₁	21,66 a	16,66 a	13,33 a	11,66 a	28,33 a	15,00 a	15,00 a
S ₂	26,66 a	53,33 b	53,33 b	50,00 b	131,66 b	60,00 b	38,83 b
S ₃	153,33 b	61,66 b	40,00 b	56,66 b	106,66 c	65,00 b	41,66 b

As médias dentro das colunas, seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

As médias das quantidades d'água infiltrada ao longo dos canais de terra, conforme Quadro 5, mostram que houve reduções bastante acentuadas das perdas d'água por infiltração, quando se compara o tratamento T₁ S₀ C₀ com os demais.

A substância NaOH na concentração de 30/00, quando comparada com Na₂SiO₃ às concentrações de 3 e 50/00, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, apresentou diferenças significativas.

A testemunha, tratamento que não recebeu aplicação química, diferiu significativamente dos demais tratamentos, o que reflete a influência do emprego das substâncias químicas, como impermeabilizantes, às concentrações selecionadas para o solo estudado, acarretando, desse modo, a obturação parcial dos poros, proporcionando considerável redução das perdas d'água por infiltração.

QUADRO 5 - Médias das quantidades d'água infiltrada em l/s, no ensaio de campo

Tratamentos	Perdas d'água em l/s
T ₁ S ₀ C ₀	6,25 a
T ₁ S ₃ C ₂	2,75 b
T ₁ S ₃ C ₃	2,50 bc
T ₁ S ₂ C ₁	2,25 bcd
T ₁ S ₂ C ₂	2,02 bcd
T ₁ S ₁ C ₁	1,92 cd
T ₁ S ₁ C ₂	1,52 d

As médias seguidas pela mesma letra, não apresentam diferença significativa, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa e na Fazenda Paraíso, em Viçosa, MG, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço.

Este trabalho teve como objetivo testar, inicialmente, as substâncias e selecionar, em laboratório, as concentrações dos impermeabilizantes químicos mais eficientes, quando aplicados em solo seco ou previamente umedecido, determinando assim a redução das perdas advindas da infiltração d'água em canais de terra, quando tratados com substâncias químicas.

Usou-se, no laboratório, o hidróxido de sódio (NaOH), o carbonato de sódio (Na₂CO₃) e o metassilicato de sódio (Na₂SiO₃), às concentrações de 10/00, 30/00, 50/00 e 70/00, tendo sido apontados, para serem usados no campo, os grupos de duas concentrações por substância, mais eficiente como impermeabilizante.

No ensaio de campo, testou-se o NaOH e os Na₂CO₃, ambos às concentrações de 10/00 e 30/00, e o Na₂SiO₃, às concentrações de 30/00 e 50/00.

Mediante os resultados obtidos, foram tiradas as seguintes conclusões:

1. Dos resultados encontrados em laboratório para o NaOH, nas quatro concentrações, o Na₂CO₃, às concentrações de 3 e 70/00, e o Na₂SiO₃, às concentra-

ções de 3 e 50/00, podem ser usados indistintamente, independentemente do teor de umidade do solo.

2. Entre as substâncias NaOH e Na_2SiO_3 deve-se preferir o NaOH.

3. Em todos os canais tratados com as substâncias químicas houve uma considerável redução nas perdas d'água por infiltração, o que permite recomendar o tratamento dos canais de terra para fins de irrigação com as substâncias químicas empregadas.

4. Ao se utilizarem quaisquer das substâncias usadas no presente trabalho de campo pode-se optar para a menor concentração, visto não terem ocorrido diferenças significativas entre as concentrações de uma mesma substância quanto à redução das perdas d'água por infiltração.

5. Deverão ser realizados outros ensaios seqüenciando este trabalho, visando a determinar o período de durabilidade das substâncias usadas na impermeabilização de canais de terra para fim de irrigação.

6. Estudos deverão ser feitos com a finalidade de estabelecer a possível toxicidade, para plantas advindas, do uso de substâncias químicas nos canais de condução d'água.

7. Em futuros trabalhos deverá ser levada em consideração a percentagem de sódio contido na substância a ser empregada.

5. SUMMARY

These experiments were conducted in the hydraulics laboratory of the Federal University of Viçosa and on the Fazenda Paraíso near Viçosa, Minas Gerais, in terrace-fase soil classified as «Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico».

The objectives of this research were to first test various channel impermeabilization agents, then select, in the laboratory, the most efficient concentrations of these agents when used on dry soil and on soil previously wetted, and finally to determine the reductions in water loss by infiltration in natural earth channels treated chemically with the selected substances.

The following agents, in concentrations of 10/00, 30/00, 50/00 and 70/00, were tested in the laboratory: sodium hydroxide (NaOH), sodium carbonate (Na_2CO_3), and sodium («metasilicate») (Na_2SiO_3). For use in the field, the two concentrations of each substance judged to be the most efficient as treatment agents were selected.

In the field, NaOH and Na_2CO_3 , both in concentrations of 10/00 and 30/00, and Na_2SiO_3 , in concentrations of 30/00 and 50/00 were used.

Based on the results obtained, the following conclusions were reached:

1. From the laboratory data, it was found that NaOH in all four concentrations, Na_2CO_3 in concentrations of 30/00 and 70/00 and Na_2SiO_3 in concentrations of 30/00 and 50/00 may be used with similar results, independent of the moisture content of the soil.

2. Between the agents NaOH and Na_2SiO_3 , Na SiO_3 , Na OH is recommended for use in impermeabilization.

3. In all the channels treated chemically there was a considerable reduction in water loss by infiltration, a result which permits recommendation of treatment of irrigation channels and furrows with the agents employed in this study.

4. When considering the use of any of these substances, it is permissible to select the weakest concentration; for no significant differences with respect to water loss by infiltration were noted between concentrations of the same chemical substance.

5. Related and more specific research projects should be initiated, with the objective of determining the period of durability of these and other chemical substances used in the impermeabilization of irrigation channels.

6. Studies should be done with the aim of establishing the toxicity to plants of the chemicals soben used to treat the channels.

7. Future studies should take into consideration the percentage of sodium contained in the substance to be employed.

6. LITERATURA CITADA

1. BARRETO, G.B. *Elementos de irrigação*. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1957. 139 p.

2. BARRETO, G.B., BERTONI, J. & FOSTER, R. Perdas de terra e água em canais não vegetados. *Bragantia* 20(1):25-28. 1961.
3. CHAMBERLAIN, Adrian R. *Measuring water in small channels with ESC flume*. (S.L.), State College of Washington, 1952. 9 p. (Stations Circular, 200).
4. DUARTE, Evandro F. Impermeabilização de canais em terra com solução de soda cáustica. *Agronomia*, Rio de Janeiro, 19(3/4):5-13. 1961.
5. BRASIL. Ministério do Interior — GEIDA. Resumo das principais conclusões. In: ... *Plano nacional de irrigação; fase I — diagnóstico preliminar*. Rio de Janeiro, 1970. Parte A, p. A1-A6.
6. PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 5. ed. Piracicaba, Nobel, 1973. 430 p.
7. PURI, A.N. Soil permeability. In: ... *Soils; their physics and chemistry*. New York, Reinhold, 1949. cap. 15, p. 94-9.
8. REGINATO, Robert J., NAKAYAMA, Francis S. & MILLER, Bennett, B. Reducing seepage from stock tanks with uncompacted sodium treated soils. *Journal of Soil and Water Conservation* 28(5):214-215. 1973.
9. SEWELL, John I. Pond sealing with chemicals in Tennessee. *Journal of Soil and Water Conservation* 24(1):16-18. 1969.
10. SEWELL, John I. Ponds chemically. *Agricultural Engineering* 48(5):270-272. 1967.
11. SEWELL, John I. *Laboratory and field tests of pond sealing by chemical treatment*. Knoxville, Tenn Agricultural Experiment Station, 1968. 25 p. (Bull. 437).
12. WICKLINE, E.V. Common chemical helps seal leaky ponds. *Journal of Soil and Water Conservation* 13(3):128-129. 1958.
13. ZIEROLD REYS, L. Canales de tierra y canales revestidos. *Ingeniería Hidráulica en México* 18(1/2):112-121. 1964.