

MODELO PARA MANEJO DE PLUMA DE CONTAMINANTE EM UM SISTEMA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA. PARTE 1: DESENVOLVIMENTO¹

Hermínio Hideo SUGUINO², Richard Carl PERALTA³

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um modelo de simulação e otimização para o manejo de um sistema de água subterrânea (MACMAN) com múltiplas camadas de solo interligado com o sistema de águas superficiais. O modelo utiliza o método matricial de resposta para estado constante ou transiente, e sistema confinado ou não-confinado. O modelo opera com o MS-DOS em microcomputadores 386 ou versão superior, compatível com o sistema IBM.

PALAVRAS-CHAVE: manejo de água subterrânea, contaminantes, simulação, otimização

ABSTRACT: The objective of this present paper was to develop a simulation and optimization model for groundwater management (MACMAN) for multilayer stream-aquifer systems. The model uses the response matrix method for steady or transient state, confined or unconfined systems. The model operates on a MS-DOS 386 microcomputer or higher version, IBM compatible system.

KEYWORDS: groundwater management, contaminants, simulation, optimization

INTRODUÇÃO: A contaminação de águas subterrâneas é um problema que causa preocupação crescente na sociedade. Nos Estados Unidos, este fato já é motivo de preocupação nacional, pois estima-se que lá exista cerca de 15.800 áreas de despejos considerados prejudiciais. Em inícios de 1.980, a Agência de Proteção do Meio Ambiente (EPA), juntamente com o programa Superfund, escolheram 418 desses locais para limpeza. A agência concluiu que os contaminantes apresentavam alguma ameaça ao sistema de abastecimento de água em 78% desses locais.

MATERIAL E MÉTODOS: O modelo MACMAN (Suguino, 1992) foi desenvolvido utilizando a linguagem FORTRAN, modificando e inserindo os algoritmos nos modelos MODFLOW (McDonald and Harbaugh, 1988) e AQMAN (Lefkoff and Gorelick, 1987), gerando coeficientes de influência por unidade de extração ou injeção especificada pelo usuário. Os coeficientes de influência são escritos no formato MPS (Mathematical Programming Systems), o qual é lido pelo MINOS (Modular In-Core Nonlinear Optimization System) (Murtagh and Saunders, 1987). O MINOS computa a

¹ Parte da dissertação de PhD apresentada pelo primeiro autor à USU, Logan-Utah, EUA

² PhD em Agricultura e Engenharia de Irrigação, CODEVASF, SGAN Quadra 601, lote 1, Brasília-DF, CEP 70.830-901, Tel (061) 225-1611, FAX (061)312-1553, E-mail: suguino@codevasf.gov.br

³ PhD, Professor, Biological and Irrigation Department, Logan -Utah, EUA, zip code: 84.321-4105 Tel (801) 750-2785

melhor estratégia de bombeamento para a situação simulada. Os resultados do modelo MACMAN, permitem ser utilizados pelo MOC (Konikow and Bredehoeft, 1984) para a simulação do transporte do soluto e pelo software SURFER para geração de gráficos em três dimensões.

Na formulação do modelo inclui-se a função objetivo e as equações de contorno restritivas, que podem ou não ser impostas pelo usuário. MACMAN otimiza problemas com restrições lineares e função objetivo linear da forma:

Minimizar:

$$(1) \quad Z = \sum_{k=1}^K \sum_{e=1}^M C_{e,k} (g_{e,k} + b_{e,k})$$

onde Z = função objetivo; K = número total de períodos de estresse; M = número total de células com bombeamento e recarga; $C_{e,k}$ = coeficiente de custo ou peso na célula e no período k ; $g_{e,k}$ = taxa de bombeamento na célula e no período k (-) [L^3/T]; $b_{e,k}$ = taxa de recarga na célula e no período k (+) [L^3/T]. As restrições podem ser feitas: 1) nas taxas de bombeamento ou recarga; 2) carga hidráulica ou nível d'água nos rios ou lagoas; 3) velocidade de fluxo ou gradiente hidráulico. O modelo foi aplicado em um problema hipotético para o manejo de contaminante em um aquífero não-confinado, composto por duas camadas de solo. O objetivo é minimizar o bombeamento necessário para capturar e controlar a pluma, para que a mesma não se mova e contamine o poço de abastecimento. A captura é assumida quando o gradiente hidráulico imediatamente fora do limite da pluma, todo ele apontar em direção ao interior da pluma. A solução almejada é para o estado de equilíbrio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 1 apresenta a disposição da malha de diferenças finitas para a área de contaminação, com a localização em potencial dos poços de bombeamento (extração ou injeção) considerando a distribuição que ocorreria com o contaminante 60 dias após o início da contaminação do aquífero. No tempo zero, considera-se o dia que o contaminante atingiu o lençol e iniciou o processo de contaminação. A simulação e otimização do sistema inicia-se no dia 60, e as restrições de diferença de carga hidráulica impostas são satisfeitas no dia 90 (Figura 2). A concentração do contaminante foi verificada aos 240 dias e constatou-se a captura e controle da pluma de poluente.

CONCLUSÕES: O modelo desenvolvido é capaz de simular e otimizar o manejo de sistemas de água subterrâneas, que foi testado em uma condição hipotética cujo objetivo foi minimizar o total de bombeamento para se capturar e controlar uma pluma de contaminante. As restrições impostas ao sistema foram satisfeitas e encontrada 30 dias após a implementação da condição ótima de bombeamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

KONIKOW, L.F., BREDEHOEFT, J.D. Computer model of two-dimensional solute transport and dispersion in ground-water. **Techniques of Water-Resources Investigations**. Book 7, Chapter C2. USGS. Washington, DC. 1984.

LEFKOFF, L.J., GORELICK, S.M. Aqman: linear and quadratic programming matrix generator using two-dimensional ground-water flow simulation for aquifer management modeling. **Water Resources Investigations**. Report 87-4061. USGS. 1987.

McDONALD, M.G., HARBAUGH, A.W. A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. Chapter A1, Book 6, **Techniques of Water-Resources Investigations**, USGS Washington, DC. 1988.

MURTAGH, B.A., SAUNDERS, M.A. Minos 5.1 user's guide. **Technical Report SOL 83-20R**. Department of Operations Research. Stanford University, USA. 1987.

SUGUINO, H.H. **A decision support system for optimal groundwater contaminant plume management**. Logan: USU, 1992. 256p. Tese Doutorado em Agricultura e Engenharia de Irrigação.

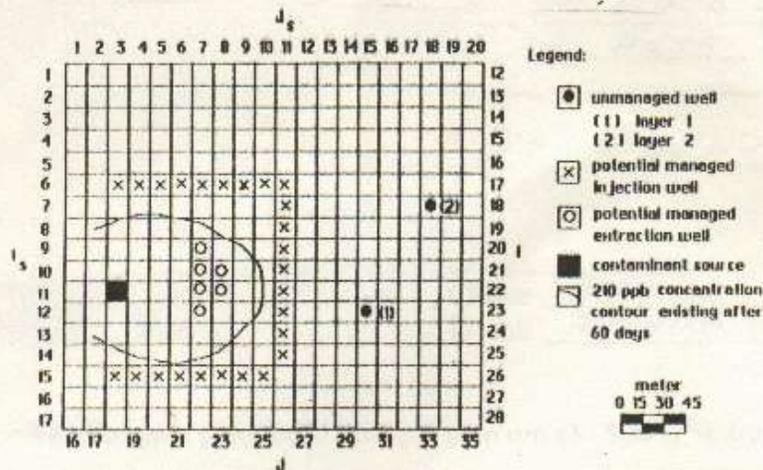


FIGURA 1 - Malha de diferenças-finitas para a área de contaminação

Well	lps	gpm	Well	lps	gpm
1	1.36	21.56	6	-3.09	-49.02
2	0.62	9.89	7	5.02	79.58
3	-0.60	-9.49	8	4.46	70.67
4	-9.69	-153.55	9	7.68	124.96
5	0.85	13.46	10	-100.00	-1504.82

(+) recharge (-) withdrawal

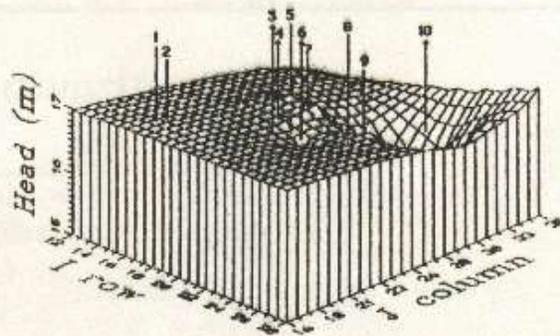


FIGURA 2 - Superfície potenciométrica resultante após a implementação da estratégia ótima de bombeamento