

6

Resultados Obtidos

São apresentados aqui os resultados obtidos para as versões 2D e 3D do programa desenvolvido. Nos casos bidimensionais, os resultados representam aquele dado em uma seção média do espaçamento entre linhas drenantes, sendo os tridimensionais mais realistas.

Inicialmente são apresentados os resultados 3D para efeito de validação dos procedimentos implementados e em seguida os resultados 2D.

6.1. Elemento de Poço

O modelo gerado para simular os casos confinados e não confinados está ilustrado na figura 24. Devido às soluções analíticas para regime transiente considerar o contorno no infinito, optou-se em gerar um modelo de grandes dimensões com de 200m x 200m x 5m nas direções x, y e z, respectivamente.

A malha tridimensional, gerada pela sub-rotina “MeshBox3D”, varia de acordo com o modelo, mas em média contém 44376 nós e 180625 elementos, com tamanho médio do elemento de 1,903 m com um desvio padrão de 0,857, sendo a malha mais refinada na vizinhança do poço.

O programa foi aplicado a vários casos que validasse o mesmo, simulando as condições dadas por aquífero confinado e não confinado e em regime permanente e transiente.

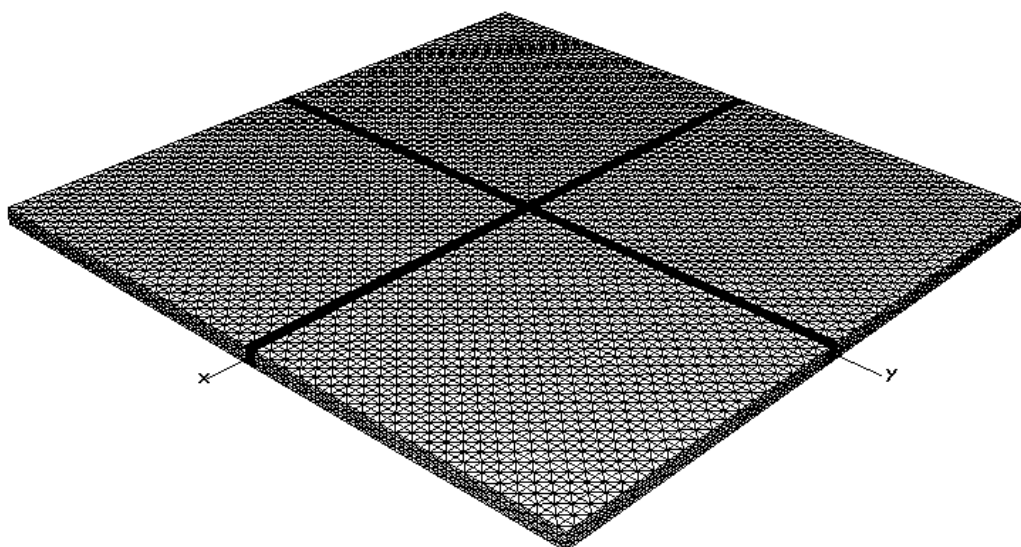


Figura 24-Malha 3D usada para simulações do poço

6.1.1. Aqüífero Confinado

O trabalho numérico desenvolvido por Sudicky et al (1995) serviu de base para as validações apresentadas em um modelo de poço confinado em regime transiente. Este modelo comparativo possui um domínio de 200m x 200m x 5m nas direções x, y, e z, respectivamente. O poço foi considerado totalmente penetrante e centrado no modelo com diâmetro de 0,20 m. A permeabilidade e o coeficiente de armazenamento específico considerado são de 8.64 m/dia e 10^{-4} m⁻¹, respectivamente. No contorno foi aplicada uma carga hidrostática de 20 m, confinando todo o modelo.

A figura 25 apresenta a discretização da malha e o elemento de poço, usado por Sudicky et al (1995). A malha é composta por elementos hexaédricos e o elemento de poço passa pelas arestas dos elementos da malha.

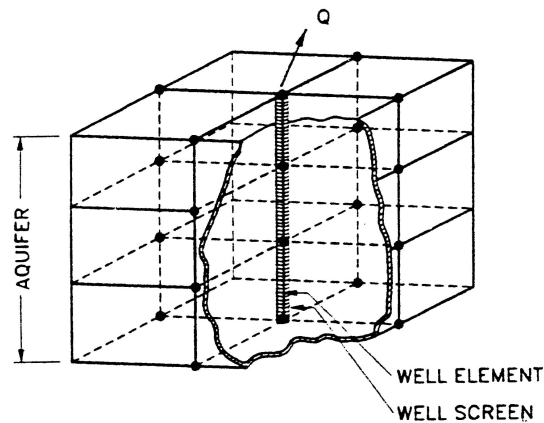


Figura 25-Discretização do elemento de poço (Sudicky e outros, 1995).

Para o caso de regime permanente considerou-se o resultado numérico de maior tempo de simulação quando se atinge a condição de equilíbrio das vazões de entrada e de saída.

Na figura 26 o resultado obtido com a variação das equipotenciais do modelo confinado.

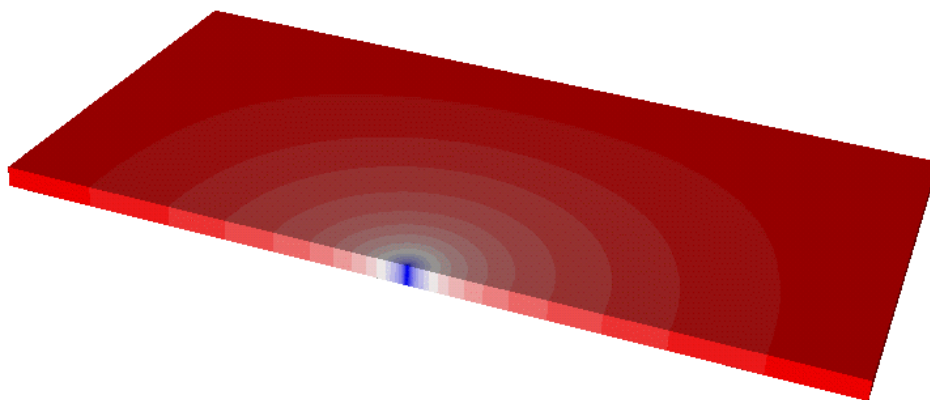


Figura 26-Variação das equipotenciais no modelo de aquífero confinado.

A seguir são apresentadas as validações do aquífero confinado em regime permanente e transiente.

6.1.1.1. Regime Permanente

Para o regime permanente os detalhes da solução analítica são apresentados no item 3.2. A seguir é apresentada uma série de curvas de rebaixamento, resultantes da variação do tamanho do elemento (l_e), mostrando a comparação do resultado analítico com os resultados numéricos, com e sem armazenamento do elemento do poço. O diâmetro do poço simulado é de 0.20 m. Os tamanhos são de 0.5m, 0.75m, 1m e 1.5m.

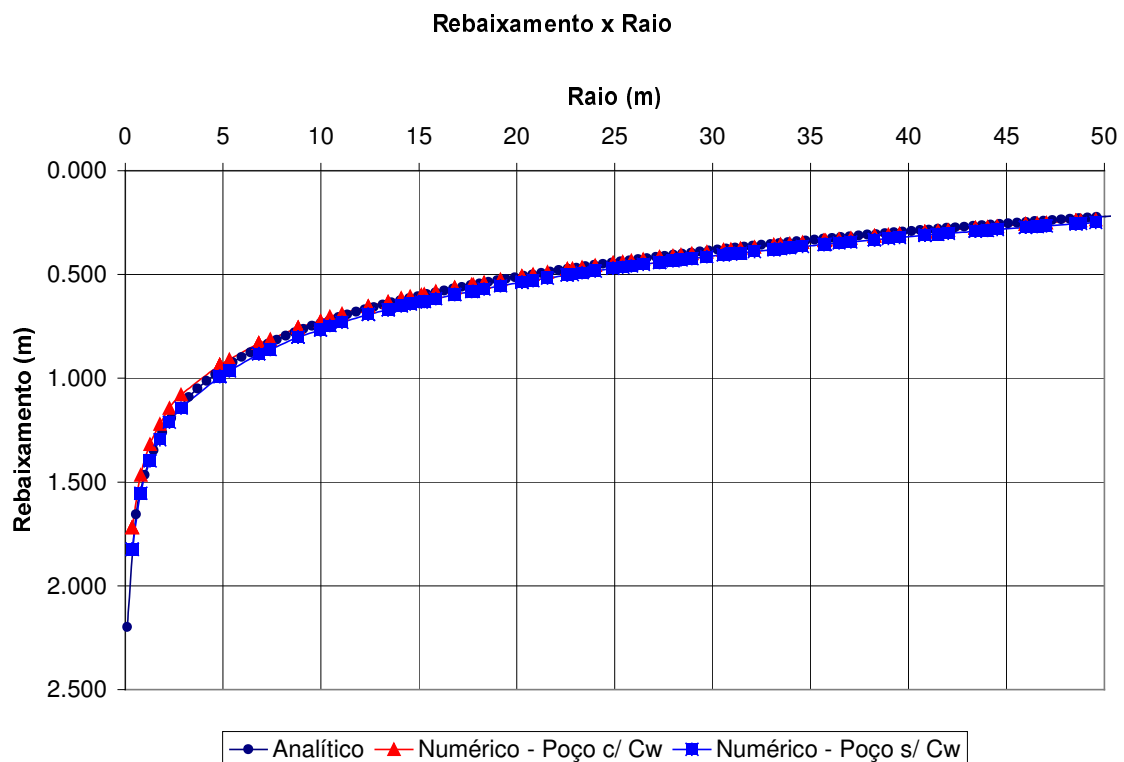


Figura 27-Comparação dos rebaixamentos numéricos com o analítico para $l_e = 0.5m$.

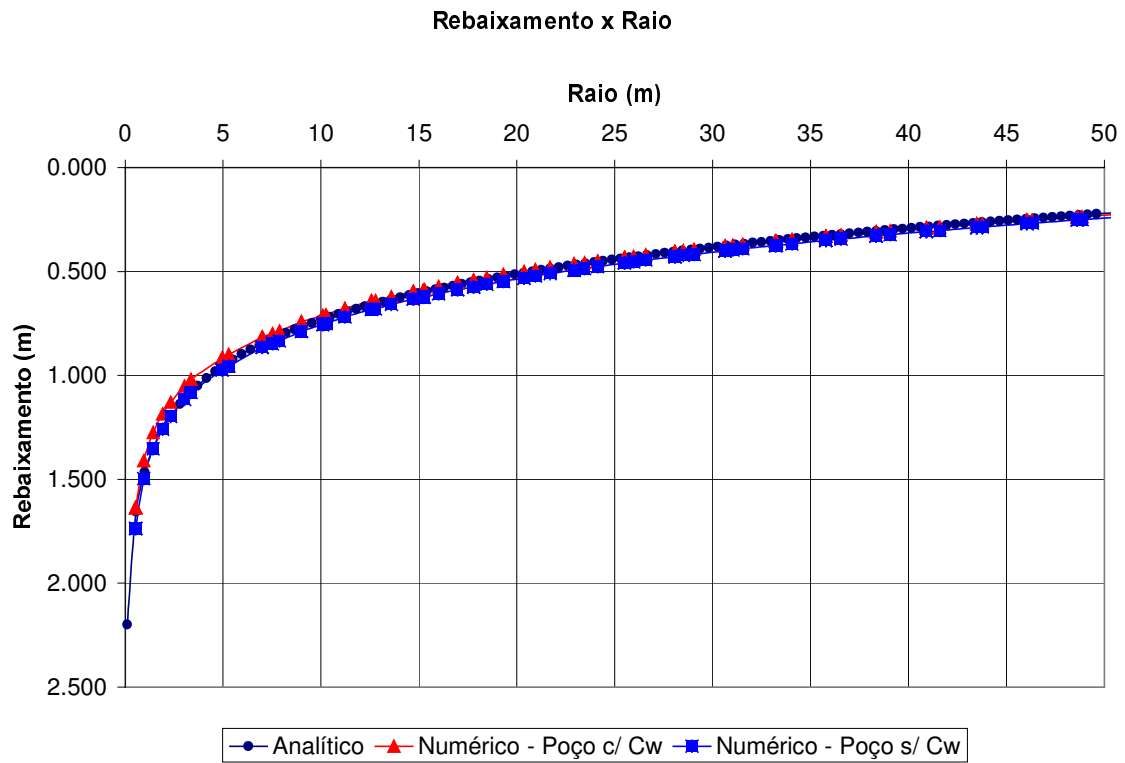


Figura 28-Comparação dos rebaixamentos numéricos com o analítico para $l_e = 0.75m$.

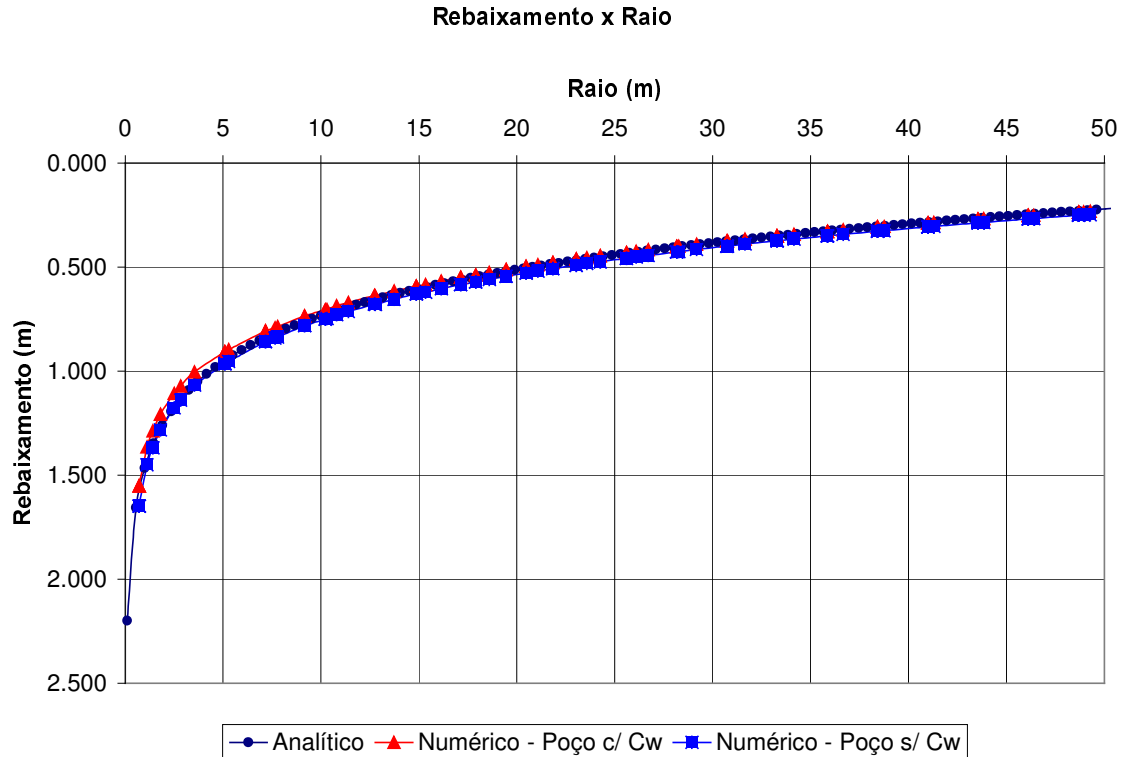


Figura 29-Comparação dos rebaixamentos numéricos com o analítico para $l_e = 1.0m$.

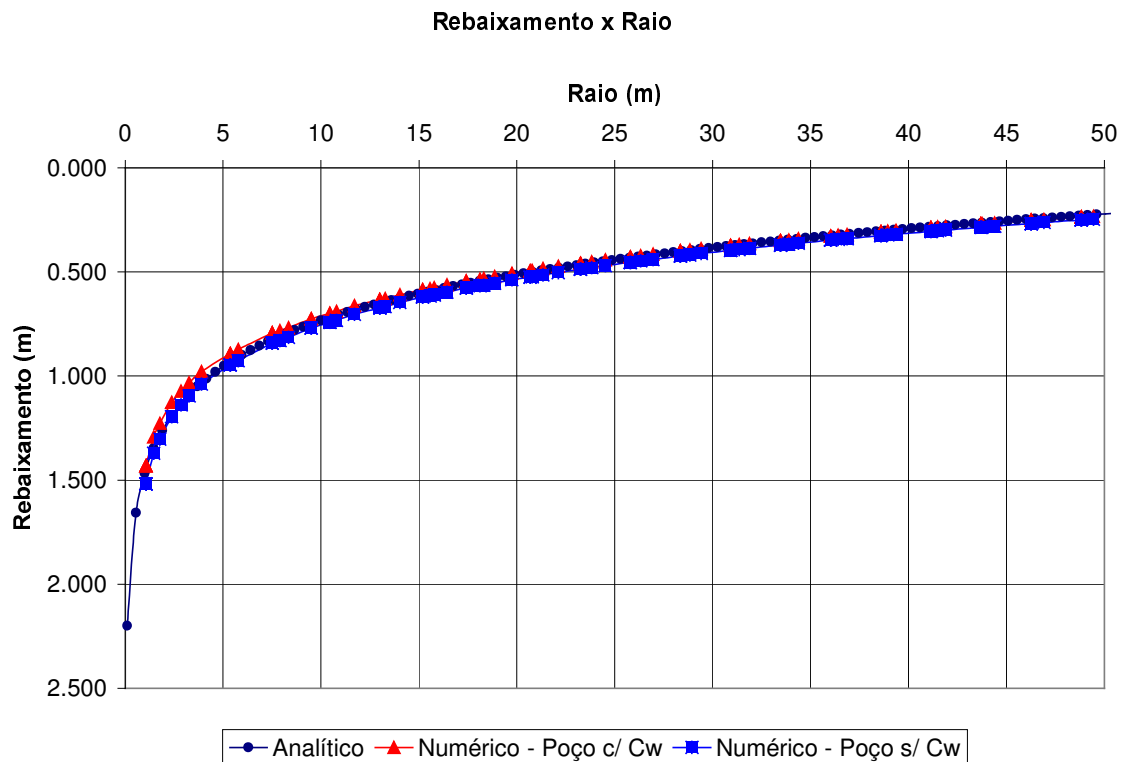


Figura 30-Comparação dos rebaixamentos numéricos com o analítico para $l_e = 1.5m$.

Observa-se o bom comportamento das soluções numéricas para a validação dos resultados em regime permanente.

6.1.1.2. Regime Transiente

Procura-se aqui comparar os resultados obtidos com a implementação atual com aqueles obtidos por Sudicky et al (1995).

Para reproduzir os resultados obtidos por Sudicky, criou-se um modelo com o poço discreto, ou seja, fazendo a linha drenante passar pelas arestas dos elementos interceptados, conforme a figura 25, e as mesmas características geométricas e hidráulicas descritas no item 6.1.1. O resultado do modelo comparativo é mostrado na figura 31.

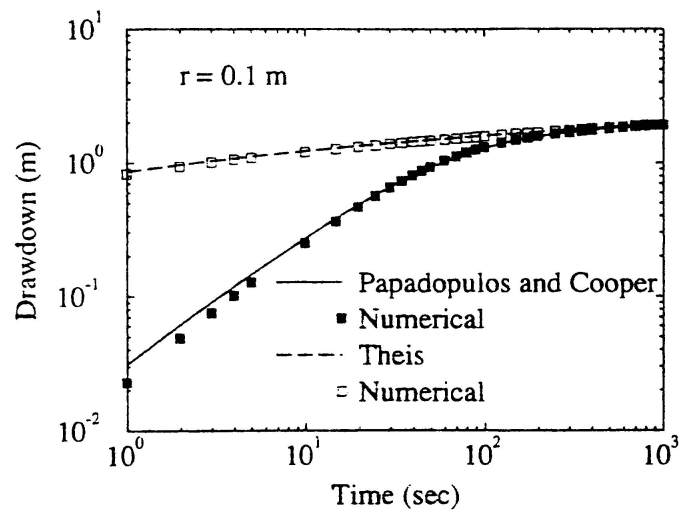


Figura 31-Comparação da solução numérica de Theis (1935) e Papadopulos and Cooper (1967) (Sudicky e outros 1995) solução com armazenamento

A figura 31 apresenta o histórico da variação do rebaixamento para um ponto do domínio. As comparações são feitas considerando ou não o coeficiente de armazenamento do elemento de poço (C_w). A solução analítica de Theis (1935) (Freeze, 1979) para aquífero confinado, não considera a parcela do armazenamento. As figuras 32 e 33 mostram os resultados numéricos obtidos pelo programa desenvolvido a uma distância $r = 0m$ e $r = 5m$ do poço, respectivamente. Sendo r o raio de um ponto no domínio, dado pela menor distância dele com a linha drenante (poço).

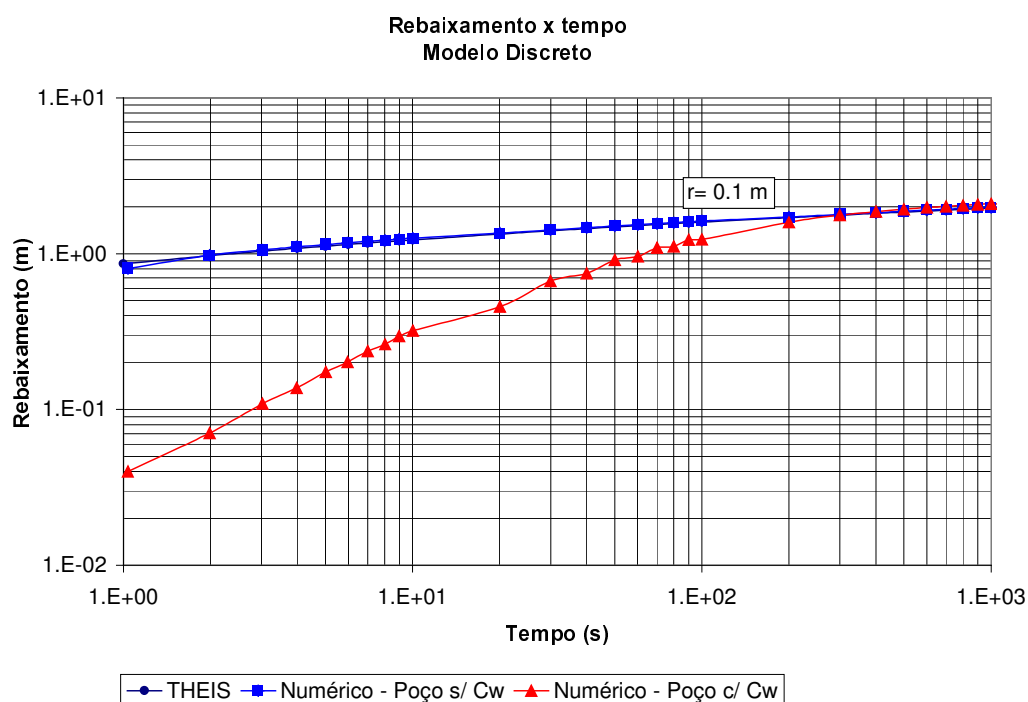


Figura 32-Comparação da solução numérica implementada do modelo discreto (com e sem armazenamento e $r = 0 \text{ m}$) com a de Theis (1935). As curvas com C_w se referem as com armazenamento considerado.

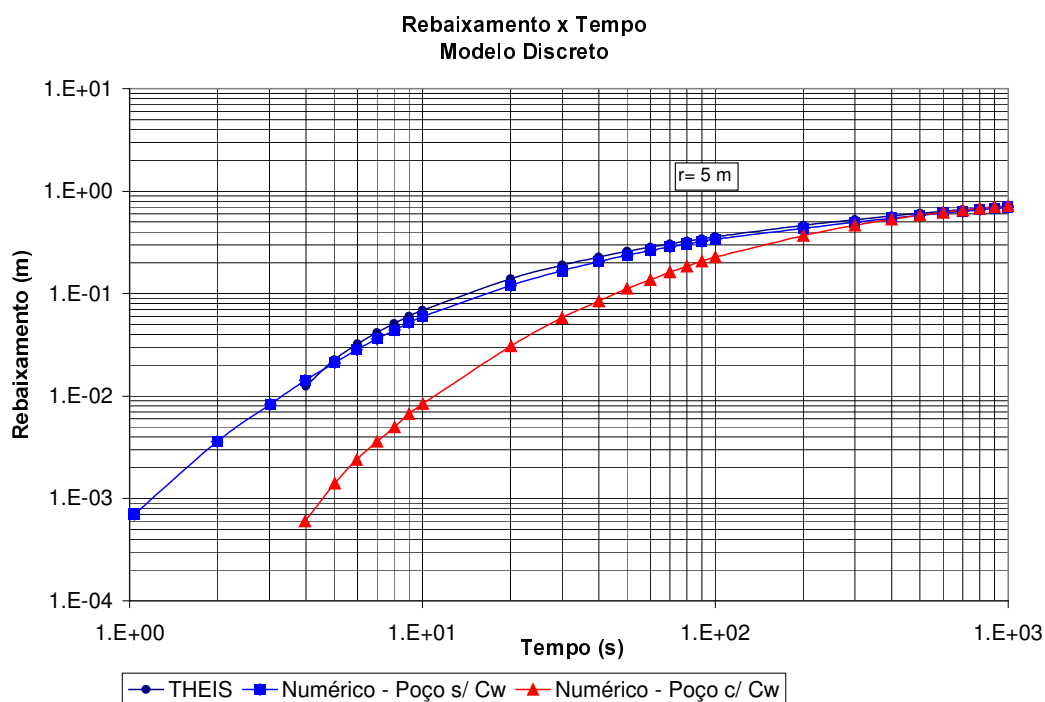


Figura 33-Comparação da solução numérica implementada do modelo discreto (com e sem armazenamento e $r = 5 \text{ m}$) com a de Theis (1935).

A validação se dá na comparação dos resultados obtidos (figura 32) com os da figura 31 e com a solução de Theis (1935).

A seguir são apresentadas uma série de simulações, variando o tamanho do elemento, com r próximo ao poço ($r \cong 0m$) e linha drenante passando pelo meio deste. Os tamanhos são de 0.5m, 0.75m, 1m e 1.5m.

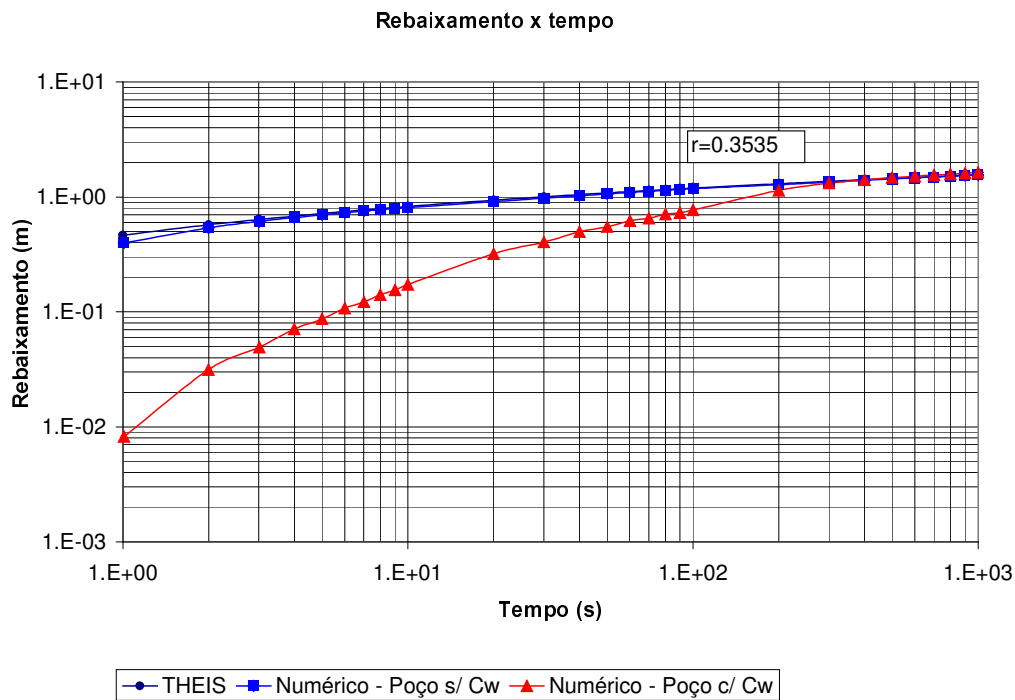


Figura 34-Comparação da solução numérica implementada (com e sem armazenamento e $r = 0m$) com a de Theis.(1935). Tamanho do elemento de 0.5m.

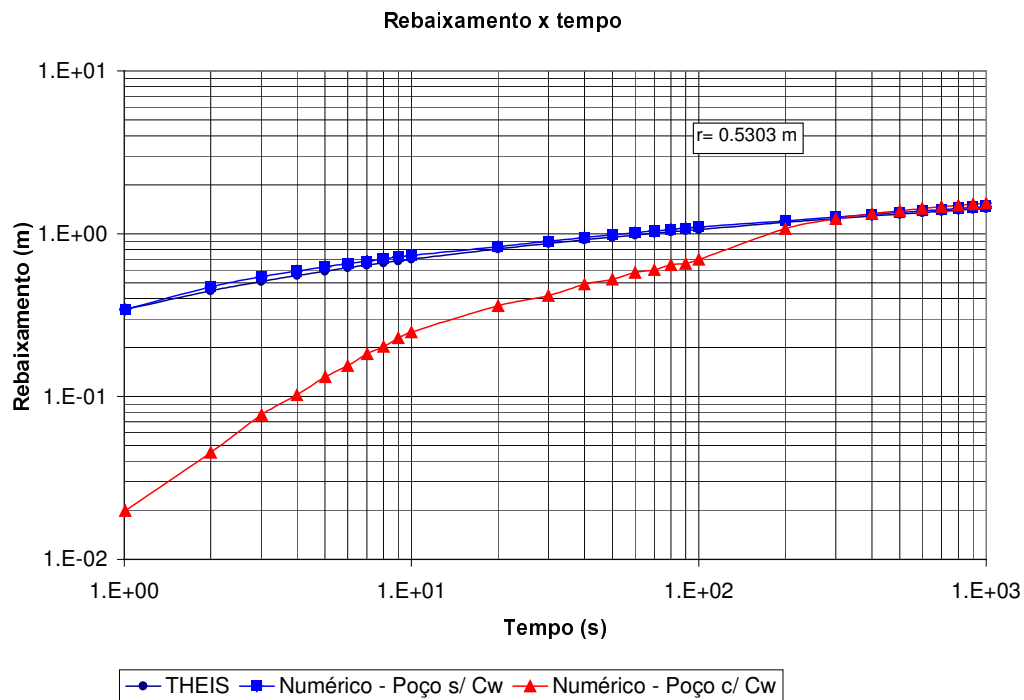


Figura 35-Comparação da solução numérica implementada (com e sem armazenamento e $r = 0m$) com a de Theis (1935). Tamanho do elemento de 0.75m.

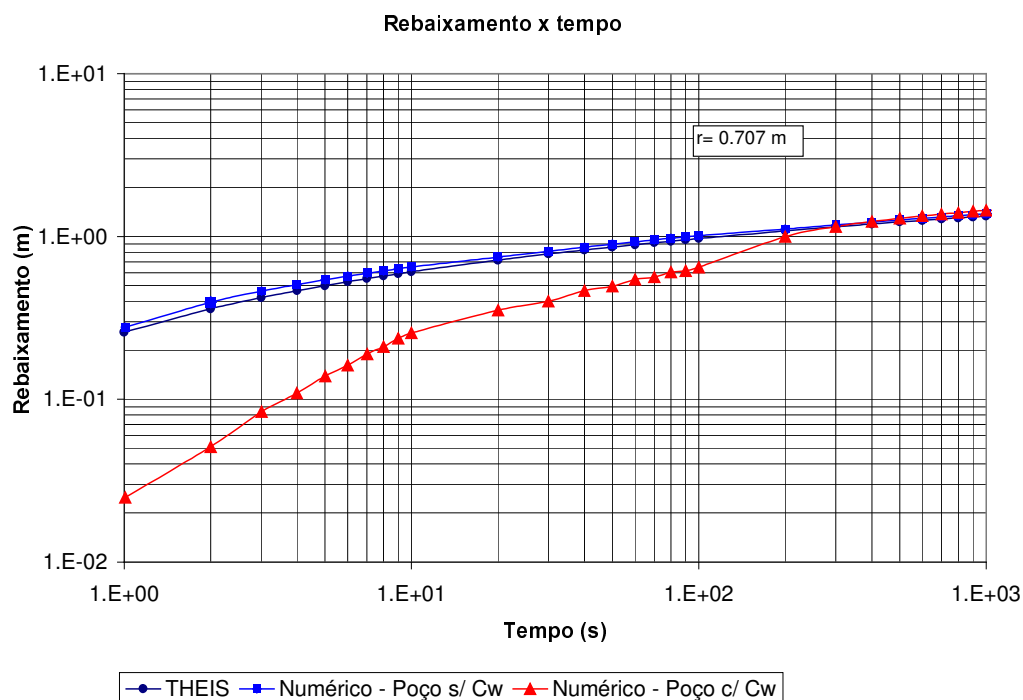


Figura 36-Comparação da solução numérica implementada (com e sem armazenamento e $r = 0m$) com a de Theis (1935). Tamanho do elemento de 1 m.

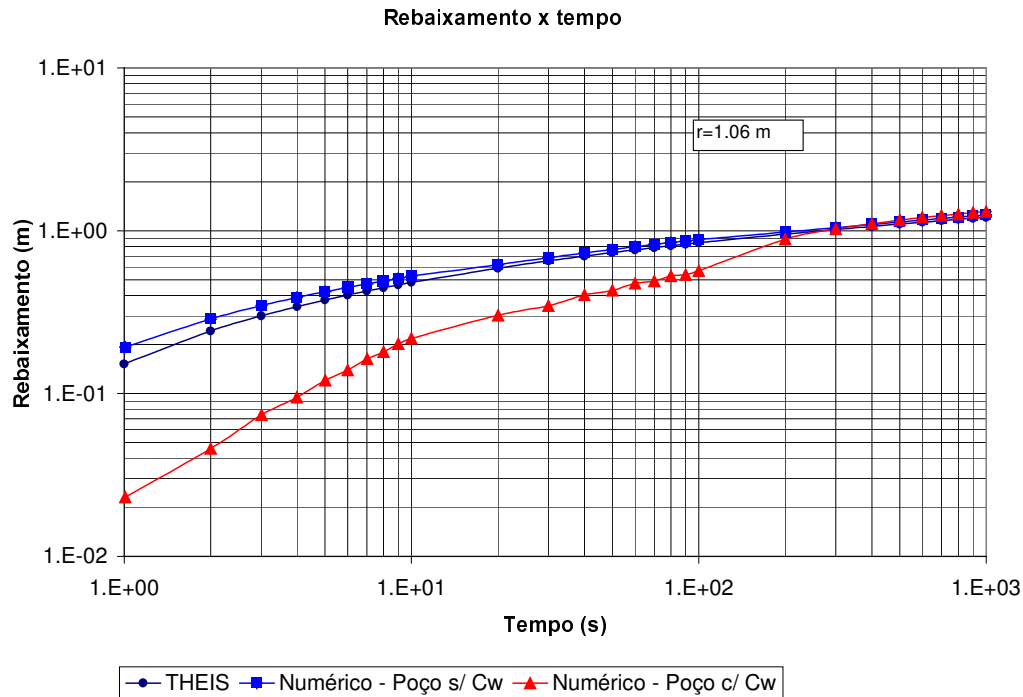


Figura 37-Comparação da solução numérica implementada (com e sem armazenamento e $r = 0m$) com a de Theis (1935). Tamanho do elemento de 1.5m.

Os resultados se ajustam bem com a solução de Theis (1935), mesmo variando o tamanho do elemento interceptado. As curvas com armazenamento são validadas em comparação com o resultado obtido da figura 32 com o da figura 31 (Sudicky e outros, 1995).

6.1.2. Aquífero Não Confinado

A solução numérica de Neumann (1975) foi utilizada como comparativa com os resultados numéricos da implementação. O modelo utilizado é o mesmo empregado para as simulações em aquífero confinado. O poço, com diâmetro de 0,20 m foi considerado totalmente penetrante e centrado no modelo.

Estes modelos apresentam uma região não saturada do solo, sendo necessário determinar os parâmetros não saturados do mesmo, segundo 3.2.1. As características do solo empregado são:

Tabela 1-Parâmetros do solo não saturado de acordo com o modelo de van Genuchten, para o caso do poço não confinado (Simunek e outros, 1994)

θ_r	θ_s	K_s	n	α
0.02	0.35	0.6	1.964	4.1

Os parâmetros foram obtidos dos exemplos do manual do usuário do programa SWMS (Simunek e outros, 1994), para o solo tipo areno-argiloso.

No contorno a carga hidrostática aplicada foi de 4.5 m.

Para o caso de regime permanente considerou-se o resultado numérico de maior tempo de simulação quando se atinge a condição de equilíbrio das vazões de entrada e de saída.

6.1.2.1.

Regime Permanente

Para o regime permanente a formulação da solução analítica é apresentada no item 3.3. A seguir, é mostrada uma série de curvas de rebaixamento versus raio, para diferentes tamanhos de elementos interceptados. A comparação do resultado analítico com os resultados numéricos, com e sem armazenamento do elemento do poço, é apresentada. O diâmetro do poço simulado é de 0.20m.

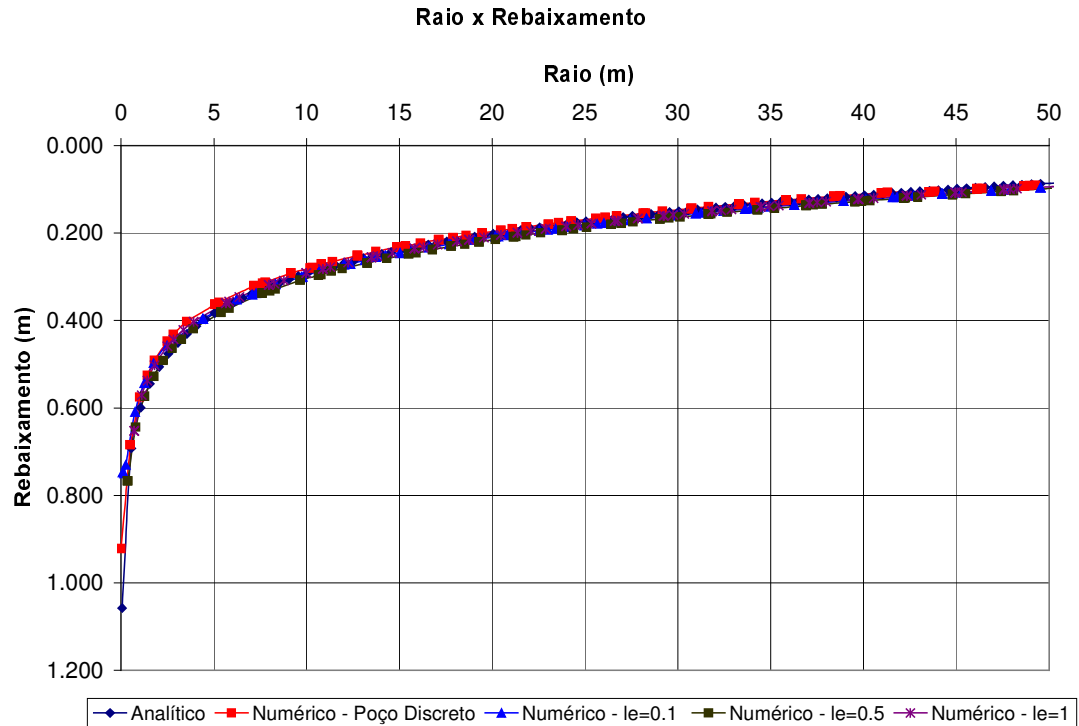


Figura 38-Comparação dos rebaixamentos numéricos com o analítico para comprimento do elemento (l_e) de 0.1, 0.5 e 1.0 m.

6.1.2.2. Regime Transiente

A solução numérica de Neumann (1975) para aquífero não confinado, foi usado para comparação com valores de $W(u_A, \lambda)$ e $W(u_B, \lambda)$ apresentadas nas tabelas 2 e 3 (maiores detalhes ver item 3.1.2).