

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**José Felipe Sousa**  
**Sorilha de Carvalho**

**Modelo da resposta transiente de reservatório não  
homogêneo durante teste de formação.**

**Projeto de Graduação**

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia  
Mecânica da PUC-Rio

Orientador: Márcio Carvalho

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2018

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, quero agradecer aos meus amigos feitos nesta caminhada árdua e principalmente, a minha família, que luta diariamente para dar o melhor a mim e a minha irmã desde sempre. Sem eles, essa caminhada nunca teria sido possível.

Em segundo lugar, quero agradecer a Família Reptiles, equipe baja da Puc rio na qual eu tive a honra de poder fazer parte.

Por último, porém não menos importante, quero agradecer ao professor Márcio Carvalho, que além de ter sido um dos melhores professores que eu tive aula durante toda a minha jornada como aluno, aceitou me orientar nesse trabalho. Agradeço também a Puc rio e seus funcionários por toda a estrutura e qualidade ao longo desses 6 anos.

## **RESUMO**

### **Modelo da resposta transiente de reservatório não homogêneo durante teste de formação**

O objetivo desse trabalho é o desenvolvimento e implementação numérica de um modelo que descreve a evolução do campo de pressão em um reservatório durante um teste de formação considerando permeabilidade variável ao longo do reservatório. Foi desenvolvido um código em ambiente MATLAB e estudado a resposta de pressão na face do reservatório em um poço para diferentes cenários de reservatórios não homogêneos. O estudo mostrou os diferentes comportamentos da curva de pressão em função da estrutura dos reservatórios. Os resultados podem ser usados no auxílio da interpretação dos dados em testes de formação.

Palavras chaves: teste de formação; permeabilidade não homogênea; modelo transiente

## **ABSTRACT**

### **Model of non-homogeneous reservoir transient response during formation test**

Model of non-homogeneous reservoir transient response during training test

The objective of this work is the development and numerical implementation of a model that describes the evolution of the pressure field in a reservoir during a formation test considering variable permeability along the reservoir. It was developed a code in MATLAB environment and studied the pressure response on the face of the reservoir in a well for different scenarios of nonhomogeneous reservoirs. The study showed the different behaviors of the pressure curve in function of the structure of the reservoirs. The results can be used to aid the interpretation of the data in formation tests.

Keywords: formation tests; non-homogeneous permeability; transiente model.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2: SOLUÇÃO NUMÉRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1. DISCRETIZAÇÃO DO PROBLEMA NO ESPAÇO E NO TEMPO .....	13
2.2. MONTAGEM DO SISTEMA DE EQUAÇÕES.....	14
2.3. DEFINIÇÃO DA MALHA .....	15
<b>CAPÍTULO 3: RESULTADOS E ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO .....</b>	<b>16</b>
3.1. RESPOSTA DO RESERVATÓRIO HOMOGÊNEO .....	22
3.2. EFEITO DO COMPRIMENTO DA BARREIRA DE PERMEABILIDADE .....	24
3.3. EFEITO DA POSIÇÃO DA BARREIRA DE PERMEABILIDADE .....	25
3.4. EFEITO DA ORDEM DE GRANDEZA DA BARREIRA DE PERMEABILIDADE .....	27
3.5. RESPOSTA DO RESERVATÓRIO PARA DIFERENTES PERMEABILIDADES .....	28
<b>CAPÍTULO 4: CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO A – CÓDIGO .....</b>	<b>33</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Coordenadas cilíndricas de um poço. ....	8
Figura 2 - Curva $P(t) \times \log(t)$ .....	11
Figura 3 – Discretização por diferença central. ....	13
Figura 4 - Ilustração dos reservatórios 1, 2 e 3. ....	17
Figura 5 - Ilustração dos reservatórios 4, 5 12 e 14. ....	18
Figura 6 - Ilustração dos reservatórios 5, 7 e 8. ....	19
Figura 7 - Ilustração dos reservatórios 7, 9 e 10. ....	20
Figura 8 - Ilustração dos reservatórios 7 e 11. ....	21
Figura 9 - Variação da pressão do poço com o tempo para os Reservatórios 1, 2 e 3.....	23
Figura 10 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 1, 2 e 3.....	24
Figura 11 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 4,5,12 e 14.....	25
Figura 12 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 5,7 e8. ....	27
Figura 13 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 9, 7 e 10.....	28
Figura 14 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 7 e11. ....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudos de Caso.....	16
Tabela 2 – Valores das Propriedades .....	21
Tabela 3 - Conjunto de casos com reservatórios homogêneos.....	22
Tabela 4 - Conjunto de casos para estudo do efeito do comprimento da barreira de permeabilidade .....	24
Tabela 5 - Conjunto de reservatórios para estudo da posição da barreira de permeabilidade. ....	26
Tabela 6 - Conjunto de reservatórios para estudo da ordem de grandeza da barreira de permeabilidade. ....	28
Tabela 7 - Conjunto de reservatórios com diferentes permeabilidades. ....	29

## CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Testes de formação são um conjunto de atividades que tem como objetivo estimar as propriedades do reservatório e são baseadas no comportamento transiente da pressão de fundo de poço durante o processo de abertura e fechamento de produção. A permeabilidade do reservatório é uma das principais propriedades estimada por um teste de formação, uma vez que afeta diretamente a capacidade de produção de um reservatório.

Para testes de formação, coordenadas cilíndricas são adotadas como padrão (ilustradas abaixo), junto com algumas premissas: (a) escoamento monofásico que satura 100% o meio poroso; (b) escoamento ocorre apenas na direção radial.

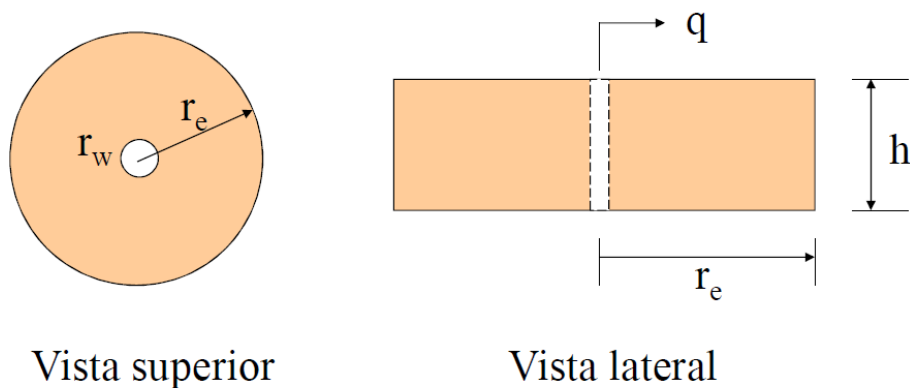


Figura 1 – Coordenadas cilíndricas de um poço.

Pelo princípio da conservação de massa em um determinado intervalo de tempo:

$$\text{"Massa que entra"} - \text{"Massa que sai"} = \text{"Variação de Massa"} \quad (1)$$

Se  $m = \text{massa}$ ;  $\rho = \text{massa específica}$ ;  $v = \text{velocidade}$ , a massa que entra em  $r$  no intervalo  $\Delta t$ :

$$\rho(r)v(r)2\pi rh \Delta t \quad (2)$$



A massa que sai em  $(r+\Delta r)$  no intervalo  $\Delta t$  :

$$\rho(r + \Delta r)v(r + \Delta r)2\pi(r + \Delta r)h \Delta t \quad (3)$$

A variação de massa no elemento no intervalo  $\Delta t$ :

$$[(\rho\phi)^{t+\Delta t} - (\rho\phi)^t] \pi [(r + \Delta r)^2 - r^2] h \quad (4)$$

Após algumas manipulações algébricas e definições de derivadas, tomando os limites de  $\Delta r$  e  $\Delta t \rightarrow 0$ , temos a equação da continuidade para fluxo monofásico em meios porosos para geometria radial:

$$\frac{1}{r} \frac{d(r\rho v)}{dr} = \frac{d(\phi\rho)}{dt} \quad (5)$$

O próximo passo, é colocar a equação acima em função de uma única variável: a pressão. Para isso, vamos usar a lei de Darcy para escoamento radial e substituí-la na equação acima:

$$v(r) = \frac{k(r)}{\mu} \frac{dp}{dr} \quad (6)$$

onde  $k(r)$  é a permeabilidade do meio poroso em cada posição  $r$ .

Substituindo na equação da continuidade teremos:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( \rho \frac{k(r)}{\mu} r \frac{dp}{dr} \right) = \frac{d(\phi\rho)}{dt} \quad (7)$$

Como ainda estamos com duas variáveis e queremos apenas uma, vamos utilizar de equações de difusividade para nos ajudar. A compressibilidade isotérmica de um fluido (líquido ou gás) pode ser escrita como:

$$c_F = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp} \Big|_T \quad (8)$$

A compressibilidade da rocha é dada por:

$$c_R = \frac{1}{\phi} \frac{d\phi}{dp} \quad (9)$$

Expandindo o lado esquerdo e o direito, e substituindo as definições de compressibilidade em rocha e fluidos, temos a seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( \frac{k(r)}{\mu} r \frac{dp}{dr} \right) + \frac{k(r)}{\mu} c_F \left( \frac{dp}{dr} \right)^2 = \phi c_t \frac{dp}{dt} \quad (10)$$

Onde  $c_t = c_F + c_R$ . Uma vez que a compressibilidade dos líquidos é pequena e constante, para baixas velocidades, o produto  $c_F \left( \frac{dp}{dr} \right)^2$  é desprezível quando comparado com o primeiro termo do lado esquerdo. A simplificação então nos dá a nova equação:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( \frac{k(r)}{\mu} r \frac{dp}{dr} \right) = \phi c_t \frac{dp}{dt} \quad (11)$$

Para resolver o problema, precisamos especificar as condições de contorno e iniciais.

A primeira condição, é a condição inicial, ou seja, para o tempo zero. Admitiremos que, em um início de tese de um poço, o reservatório está em equilíbrio (pressão uniforme em toda a formação). Logo, a condição apropriada é:

$$p(r, t = 0) = p_{inicial} \quad (12)$$

As condições de contorno consideram a vazão de produção na interface poço/reservatório e que o reservatório é impermeável em uma posição bem longe do poço.

$$\frac{dp}{dr} (r = r_w, t > 0) = \frac{\mu Q_w}{2\pi k_{(i)} H r_i} \quad (13)$$

$$\frac{dp}{dr}(r = r_{inf}, t > 0) = 0 \quad (14)$$

Onde  $r_w$  nos remete a parede do poço e  $r_{inf}$  ao final do reservatório

Em um meio homogêneo, onde  $k(r) = k = constante$ , a equação possui solução analítica, que pode ser aproximada por:

$$p(r, t) = p^0 - \frac{Q \mu_0}{4\pi k h} Ei\left(\frac{\phi c_t \mu_0}{4 k} \frac{r^2}{t}\right) \quad (15)$$

Onde  $Ei$  é a função integral exponencial. A permeabilidade de um reservatório homogêneo pode ser determinada pela inclinação da curva  $P \times \log(t)$ , como mostrado na Figura 2.

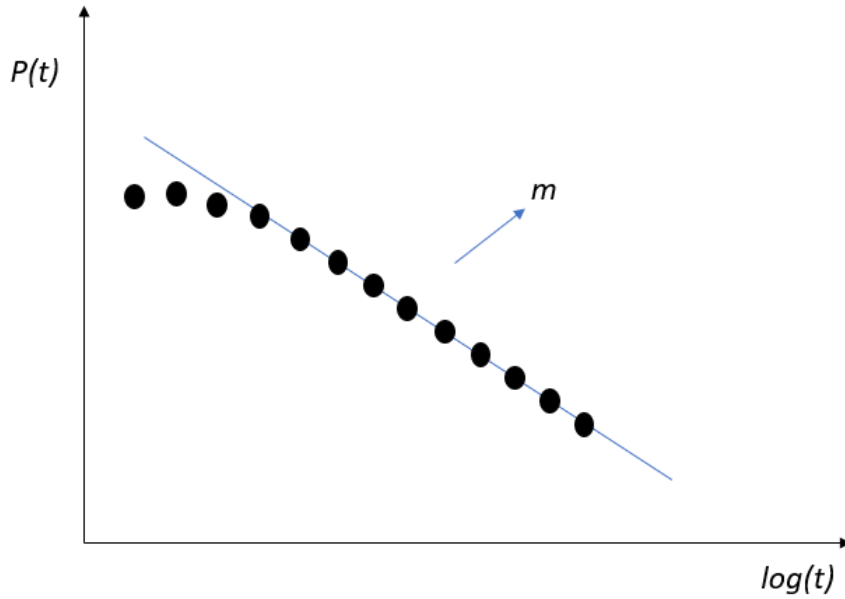


Figura 2 - Curva  $P(t) \times \log(t)$

onde  $m = \frac{1,151\alpha_p q B \mu}{k h}$

Esta estimativa só é válida para reservatórios homogêneos. Não há solução analítica para o caso de reservatório não homogêneo. A equação diferencial deve ser resolvida numericamente.

## CAPÍTULO 2: SOLUÇÃO NUMÉRICA

### 2.1. DISCRETIZAÇÃO DO PROBLEMA NO ESPAÇO E NO TEMPO

Primeiramente, vamos reorganizar a equação. Fazendo que  $D1 = \frac{1}{\mu \phi c_t}$ , temos:

$$D1 \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( k(r) r \frac{dp}{dr} \right) = \frac{dp}{dt} \quad (16)$$

Vamos dividir a discretização do problema em espaço e tempo. Olhando para o lado esquerdo da equação, temos  $D1 \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( k(r) r \frac{dp}{dr} \right)$ . Se chamarmos o termo  $\left( k(r) r \frac{dp}{dr} \right) = F$ ,

$$D1 \frac{1}{r} \frac{d}{dr} F = \frac{dp}{dt} \quad (17)$$

Utilizando analogamente o método de diferenças finitas central e a interpretação geométrica para segunda derivada  $\left( \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{d}{dx} \left( \frac{dy}{dx} \right) = \frac{\frac{dy_d}{dx} - \frac{dy_e}{dx}}{s} \right)$ , temos

$$D1 \frac{1}{r} \frac{d}{dr} F = D1 \frac{1}{r} \frac{F_d - F_e}{r_d - r_e} \quad (18)$$

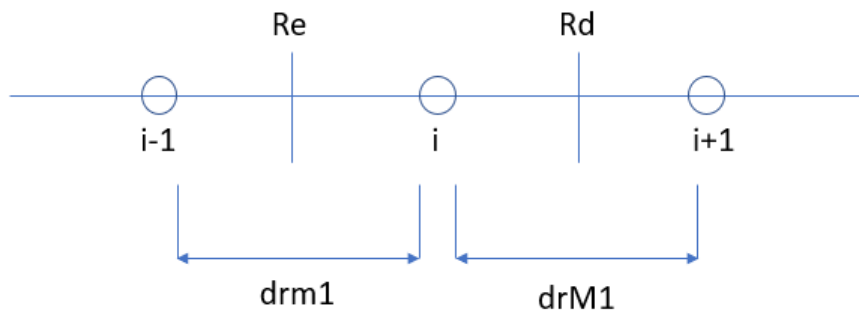


Figura 3 – Discretização por diferença central.

Onde:

$$F_d = \frac{k_{(i)} + k_{(i+1)}}{2} \frac{r_{(i)} + r_{(i+1)}}{2} \frac{p_{(i+1)} - p_{(i)}}{r_{(i+1)} - r_{(i)}} \quad (19)$$

$$F_e = \frac{k_{(i)}+k_{(i-1)}}{2} \frac{r_{(i)}+r_{(i-1)}}{2} \frac{p_{(i)}-p_{(i-1)}}{r_{(i)}-r_{(i-1)}} \quad (20)$$

Para simplificar a escrita e facilitar o código posteriormente, aproximaremos  $\frac{k_{(i)}+k_{(i+1)}}{2} e \frac{k_{(i)}+k_{(i-1)}}{2}$  por  $k_{(i)}$ ;  $\frac{r_{(i)}+r_{(i+1)}}{2} = r_d$  e  $\frac{r_{(i)}+r_{(i-1)}}{2} = r_e$ . Além disso, e usar e vamos utilizar que:

$$drM1 = r_{(i+1)} - r_{(i)} \quad (21)$$

$$drm1 = r_{(i+1)} - r_{(i)} \quad (22)$$

Reorganizando tudo e refazendo as novas aproximações, temos:

$$D1 k_{(i)} \frac{1}{r_{(i)}} \frac{1}{r_d - r_e} \left( r_d \frac{p_{(i+1)} - p_{(i)}}{drM1} - r_e \frac{p_{(i)} - p_{(i-1)}}{drm1} \right) = \frac{dp}{dt} \quad (23)$$

Vamos agora olhar para o lado direito da equação, e discretizar no tempo. Vamos utilizar o método implícito, ou seja, conhecidas as pressões no instante 'j', deseja-se determinar as pressões no instante 'j+1'. Dessa forma:

$$D1 k_{(i,j+1)} \frac{1}{r_{(i,j+1)}} \frac{1}{r_d - r_e} \left( r_d \frac{p_{(i+1,j+1)} - p_{(i,j+1)}}{drM1} - r_e \frac{p_{(i,j+1)} - p_{(i-1,j+1)}}{drm1} \right) = \frac{p_{(i,j+1)} - p_{(i,j)}}{\Delta t} \quad (24)$$

## 2.2. MONTAGEM DO SISTEMA DE EQUAÇÕES

Por fim, com as equações discretizadas e as condições iniciais e de contorno especificadas, podemos montar o sistema de equações algébricas.

Sabendo que 'i' representa a discretização no espaço, e 'j' a discretização no tempo, aplicando as equações de contorno e as condições iniciais, teremos o seguinte sistema, para N=número de nós escolhido e i=2..N-1:

$$p_{(i,1)} = p_{inicial} \quad (25)$$

$$\frac{p_2 - p_1}{r_2 - r_1} = \frac{\mu Q_w}{2\pi k_{(1)} H r_1} \quad (26)$$

$$p_{(N,j+1)} - p_{(N-1,j+1)} = 0 \quad (27)$$

$$\frac{D1 k_i}{r_i (r_{d(i)} - r_{e(i)})} \left[ \frac{-r_{d(i)}}{drM1} p_{(i+1,j+1)} + \left( \frac{r_{d(i)}}{drM1} + \frac{r_{e(i)}}{drM1} \right) p_{(i,j+1)} + \frac{-r_{e(i)}}{drM1} p_{(i-1,j+1)} \right] = \frac{p_{(i,j)}}{\Delta t} \quad (28)$$

Para cada instante de tempo, deve-se resolver um sistema de equações linear, do tipo  $A x = B$ , onde A representa a matriz dos coeficientes, x o vetor das pressões em todos os nós no instante atual e B a função das pressões no instante anterior. A matriz resolvida pode ser encontrada no programa que se encontra no ANEXO A – CÓDIGO deste trabalho.

### 2.3. DEFINIÇÃO DA MALHA

Para garantir bons resultados numéricos, a escolha da malha é um importante fator. Em muitos casos, o uso de malhas concentradas em regiões de altos gradientes podem evitar imprecisões numéricas. A implementação de uma malha mais concentrada pelo uso de funções hiperbólicas foi definida baseada na literatura de Relatório técnico Parcial do professor Márcio Carvalho, onde definimos que o passo para realizar a diferença central seria e gerar a malha seriam do tipo:

$$g_T = 1 + \frac{\tanh(A * \frac{i-1}{N-1} - 1)}{\tanh(A)} \quad (29)$$

onde  $A$  = fator de concentração,  $i$  = índice e  $N = n^\circ$  de nós.

### CAPÍTULO 3: RESULTADOS E ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO

Foram propostos 14 estudos de caso com diferentes barreiras de permeabilidade e diferentes tamanhos de barreiras. Os casos foram agrupados de acordo com suas similaridades ou divergências, e serão analisados mais tarde ainda neste trabalho. Abaixo, temos os diferentes casos especificados, onde  $k$  é a permeabilidade original do reservatório;  $k_d$  a permeabilidade ao longo da barreira;  $R_{ini}$  a posição do início da barreira e  $R_{fin}$  a posição do final da barreira.

	$k[m^2]$	$k_d[m^2]$	$R_{ini} [m]$	$R_{fin} [m]$
Reservatório 1	$10^{-12}$	$10^{-12}$	1000	1500
Reservatório 2	$10^{-11}$	$10^{-11}$	1000	1500
Reservatório 3	$10^{-13}$	$10^{-13}$	1000	1500
Reservatório 4	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1500
Reservatório 5	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1100
Reservatório 6	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	2000
Reservatório 7	$10^{-12}$	$10^{-13}$	500	600
Reservatório 8	$10^{-12}$	$10^{-13}$	100	200
Reservatório 9	$10^{-12}$	$10^{-14}$	500	600
Reservatório 10	$10^{-12}$	$10^{-11}$	500	600
Reservatório 11	$10^{-11}$	$10^{-12}$	500	600
Reservatório 12	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1050
Reservatório 13	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1010
Reservatório 14	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1200

*Tabela 1 – Estudos de Caso*

Os casos então, foram agrupados em:

- Resposta do reservatório homogêneo: reservatório 1, reservatório 2, reservatório 3;



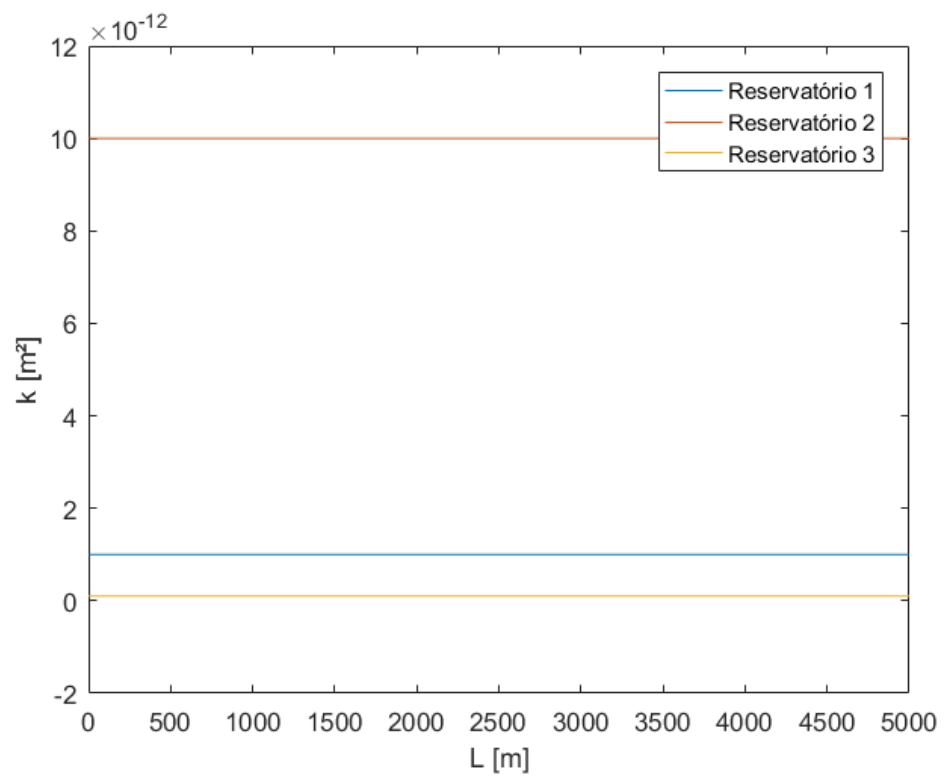


Figura 4 - Ilustração dos reservatórios 1, 2 e 3.

- b) Efeito do comprimento da barreira de permeabilidade: reservatório 4, reservatório 5, reservatório 12, reservatório o 14;

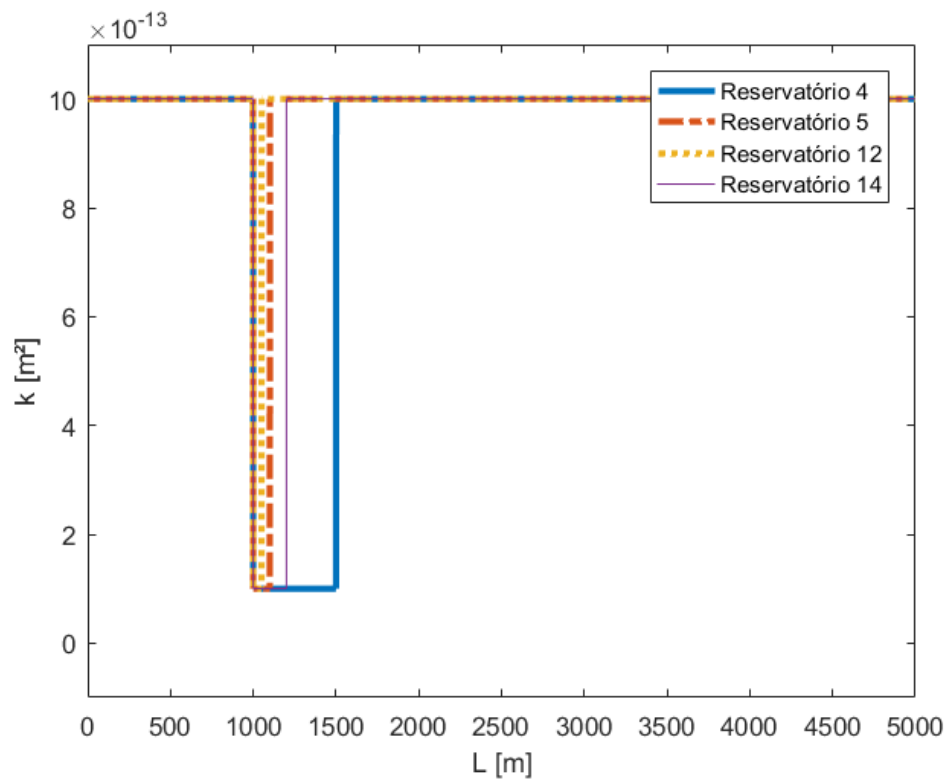


Figura 5 - Ilustração dos reservatórios 4, 5 12 e 14.

- c) Efeito da posição da barreira de permeabilidade: reservatório 5, reservatório 7, reservatório 8;

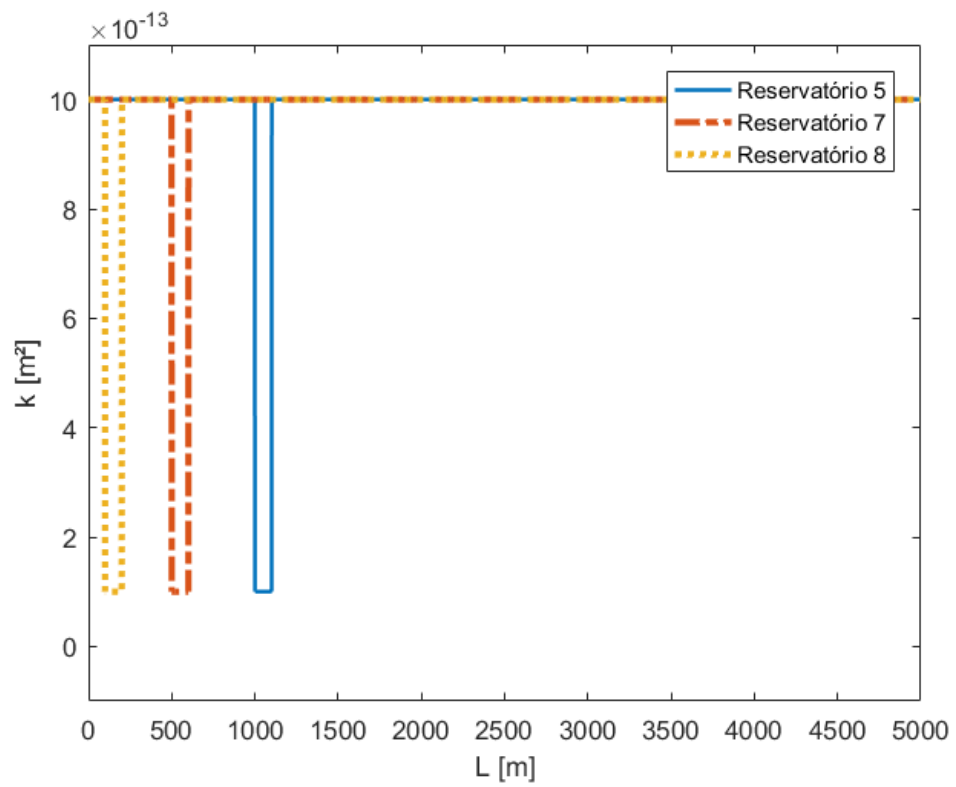


Figura 6 - Ilustração dos reservatórios 5, 7 e 8.

- d) Efeito da ordem de grandeza da barreira de permeabilidade: reservatório 7, reservatório 9, reservatório 10;

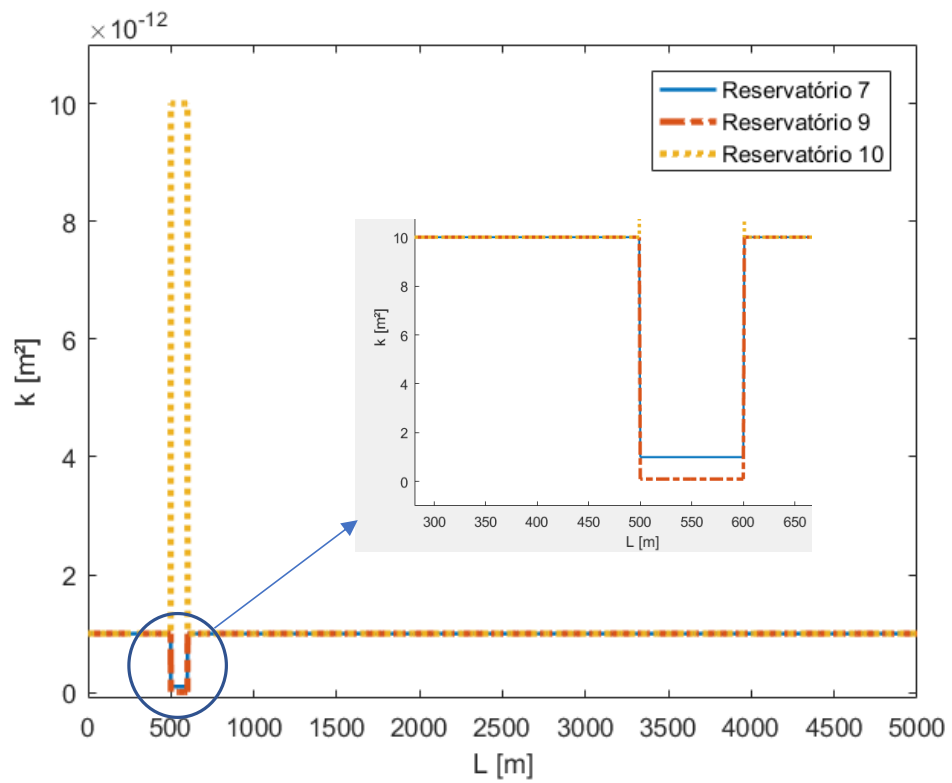


Figura 7 - Ilustração dos reservatórios 7, 9 e 10.

e) Resposta do reservatório para diferentes permeabilidades: reservatório 7, reservatório 11;

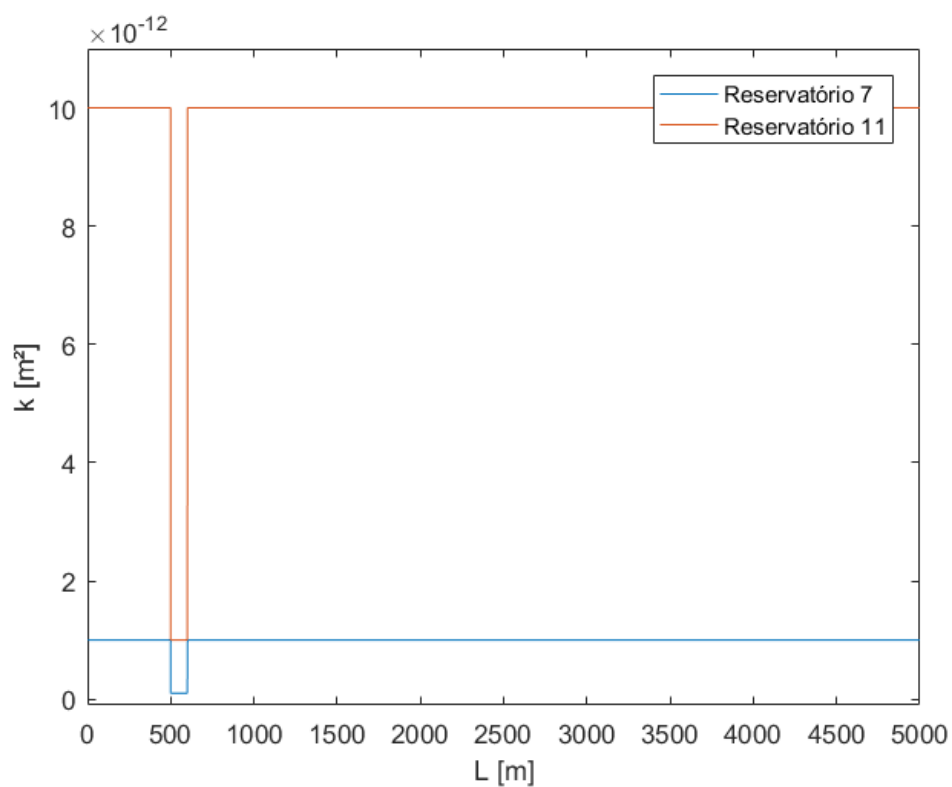


Figura 8 - Ilustração dos reservatórios 7 e 11.

O caso 6 e 13, por não apresentarem os resultados esperados para comparação, foram descartadas e não serão apresentadas neste trabalho.

Para a resolução de todos os casos, foram adotados os seguintes valores:

Valores das Propriedades	
$R_w$ [m]	0,125
$R_{inf}$ [m]	5000
$P_{ini}$ [Pa]	$13,06 \times 10^{-6}$
$Q_w$ [m³/s]	$3,29799 \times 10^{-3}$
$Ct$ [1/Pa]	$1,4165 \times 10^{-9}$
$\mu$ [Pa.s]	$2,949 \times 10^{-3}$
$\phi$	0,29
$H$ [m]	30,48

Tabela 2 – Valores das Propriedades

Para todos os casos listados abaixo, foram plotados gráficos de variação de pressão no interior do poço em função do tempo; variação da pressão no interior do poço em função do raio; e comportamento do gradiente da pressão pelo tempo em função do tempo, todos após a abertura da válvula durante um teste de formação. Neste capítulo, com exceção da seção 3.1, serão apresentados apenas os gráficos da derivada do logaritmo da pressão pelo tempo, uma vez que são os mais representativos e nos permitem chegar às devidas conclusões para este trabalho.

Para plotar o gradiente de pressão pelo tempo, a aproximação da derivada do log da pressão pelo tempo foi definida como:

$$abs(dP') = \frac{\Delta P^{k+1} - \Delta P^k}{\ln(t^{k+1}/t^k)} \frac{\ln(t^k/t^{k-1})}{\ln(t^{k+1}/t^{k-1})} + \frac{\Delta P^k - \Delta P^{k-1}}{\ln(t^k/t^{k-1})} \frac{\ln(t^{k+1}/t^k)}{\ln(t^{k+1}/t^{k-1})} \quad (30)$$

### 3.1. RESPOSTA DO RESERVATÓRIO HOMOGÊNEO

Este caso reúne os reservatórios 1, 2 e 3, como mostrado abaixo:

	$k[m^2]$	$k_d[m^2]$	$R_{ini} [m]$	$R_{fin} [m]$
<b>Reservatório 1</b>	$10^{-12}$	$10^{-12}$	1000	1500
<b>Reservatório 2</b>	$10^{-11}$	$10^{-11}$	1000	1500
<b>Reservatório 3</b>	$10^{-13}$	$10^{-13}$	1000	1500

*Tabela 3 - Conjunto de casos com reservatórios homogêneos*

Este conjunto de casos trata de 3 reservatórios homogêneos, porém diferentes permeabilidades em cada um deles. Abaixo temos os seguintes resultados:

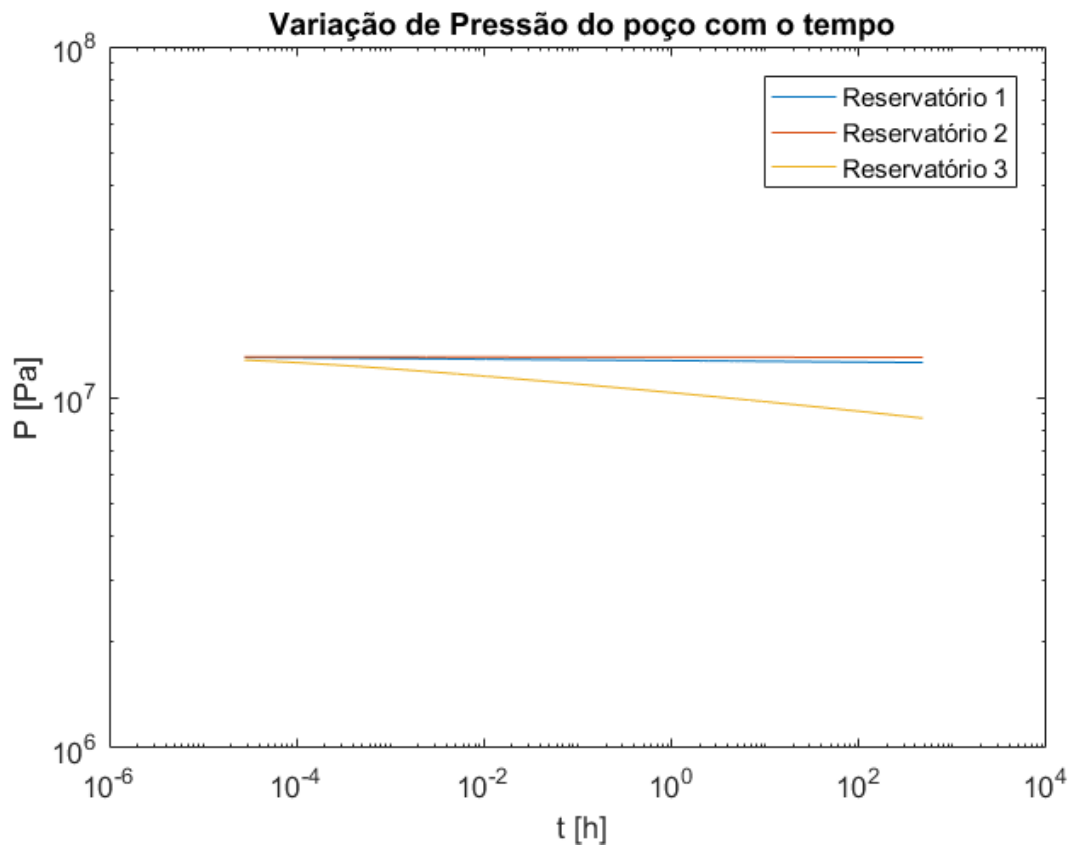


Figura 9 - Variação da pressão do poço com o tempo para os Reservatórios 1, 2 e 3.

A Figura 9 nos mostra que, para reservatórios do mesmo tamanho e diferentes permeabilidades, quanto maior for a permeabilidade, menor será a variação de pressão no poço, já que para uma vazão constante, o gradiente de pressão pelo raio é inversamente proporcional a permeabilidade. Além disso, uma vez que os reservatórios não possuem barreiras de permeabilidade ao longo de sua extensão, o gradiente de pressão em relação ao logaritmo do tempo é constante, como mostrado na Figura 10.

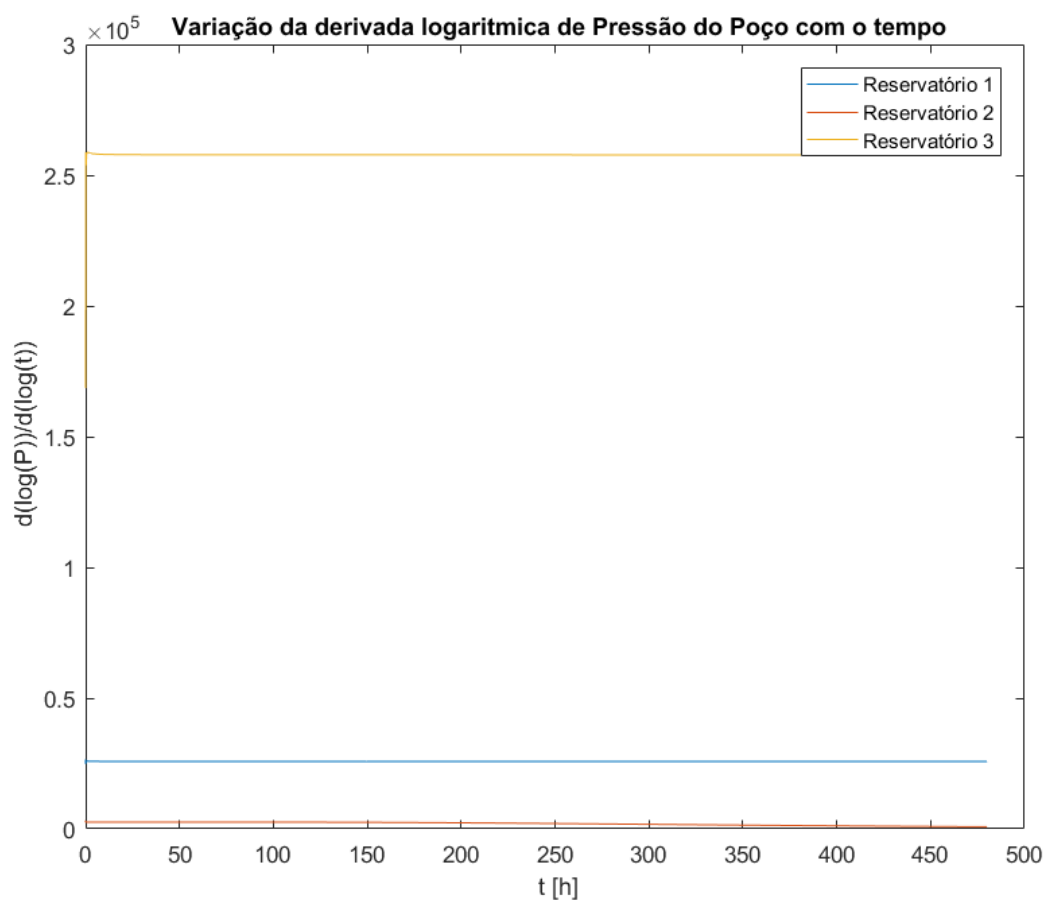


Figura 10 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 1, 2 e 3.

### 3.2. EFEITO DO COMPRIMENTO DA BARREIRA DE PERMEABILIDADE

Esta comparação reúne os reservatórios 4, 5, 12 e 14. Os reservatórios apresentam sua região de menor permeabilidade em uma mesma posição, porém com diferentes comprimentos, sendo o reservatório 4 com o maior comprimento e o reservatório 12 com o menor comprimento de barreira.

	$k[m^2]$	$k_d[m^2]$	$R_{ini} [m]$	$R_{fin} [m]$
<b>Reservatório 4</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1500
<b>Reservatório 5</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1100
<b>Reservatório 12</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1050
<b>Reservatório 14</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1200

Tabela 4 - Conjunto de casos para estudo do efeito do comprimento da barreira de permeabilidade



Até a onda de pressão chegar na barreira, o gradiente de pressão com o tempo é igual para todos os casos. A presença de uma barreira de permeabilidade é marcada por uma queda na curva de gradiente da pressão com o tempo. Pode-se observar que a amplitude de queda está diretamente relacionada a extensão da barreira e o gradiente volta subir à medida que a onda de pressão atinge a região de permeabilidade uniforme do reservatório.

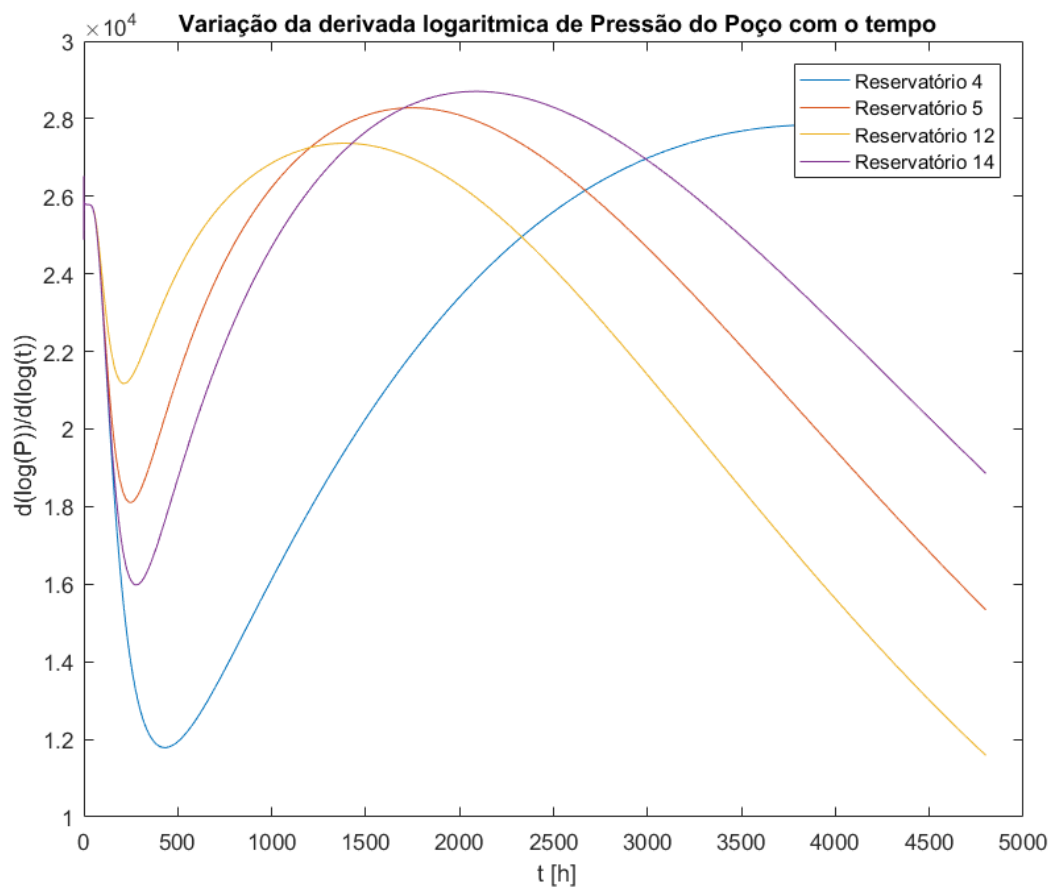


Figura 11 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 4,5,12 e 14.

### 3.3. EFEITO DA POSIÇÃO DA BARREIRA DE PERMEABILIDADE

Este caso reúne os reservatórios 5,7 e 8. Ambos possuem em comum a permeabilidade variando de  $10^{-12}$  e  $10^{-13}$ , porém em diferentes lugares, sendo o reservatório 8 o com a barreira de permeabilidade mais próximo do poço (barreira a 100 metros de distância do poço) e o reservatório 5 o mais distante, com a barreira começando a 1000 metros do poço.

	k	kd	Rini	Rfin
<b>Reservatório 5</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	1000	1100
<b>Reservatório 7</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	500	600
<b>Reservatório 8</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	100	200

*Tabela 5 - Conjunto de reservatórios para estudo da posição da barreira de permeabilidade.*

Olhando a Figura 12, podemos observar para o reservatório 8 que, uma vez que o início da barreira está mais próximo da parede do poço, o tempo onde há a queda do gradiente de pressão é o menor, quando comparado ao reservatório 5, onde a barreira se encontra mais longe do início do poço. Além disso, uma vez que as barreiras de permeabilidade são uma ordem de grandeza menores que a do resto do reservatório, os gradientes obrigatoriamente diminuem, porém sem uma amplitude sem um tempo de recuperação iguais, ainda que as barreiras possuam o mesmo comprimento. Isso se deve ao fato de que a amplitude de queda é uma combinação da permeabilidade da barreira com a sua extensão e posição.

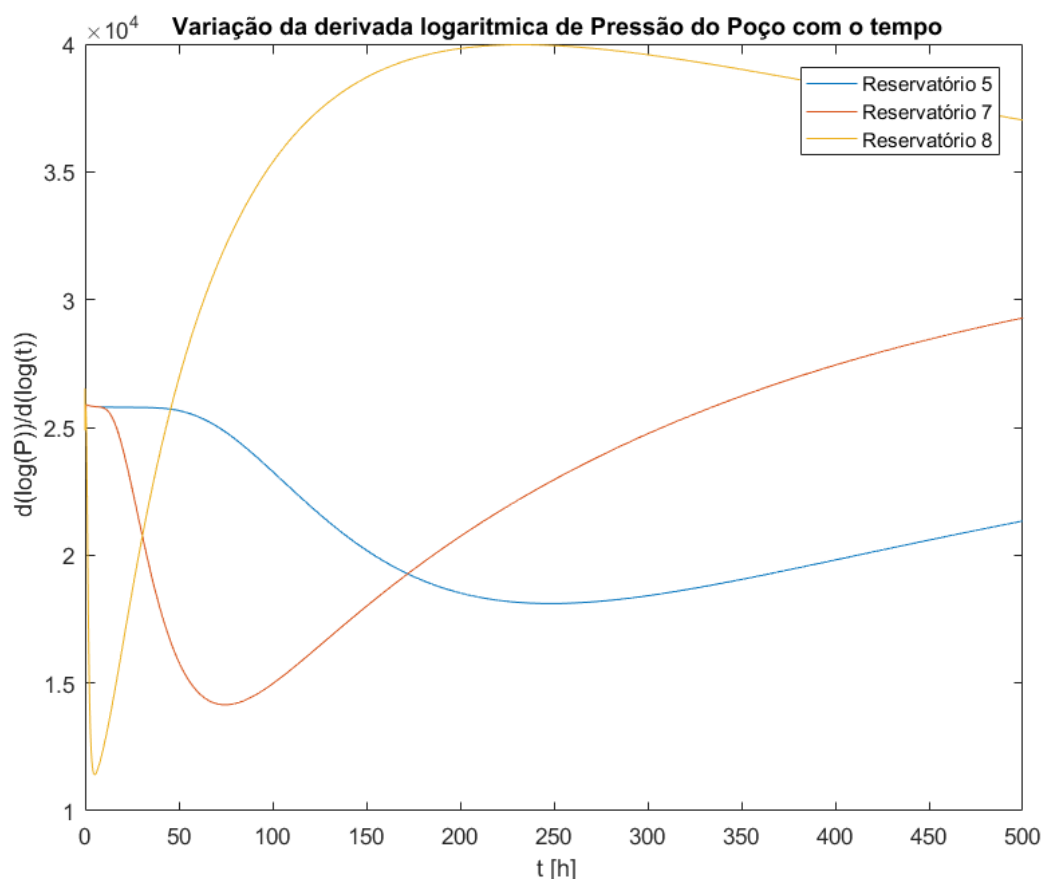


Figura 12 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 5,7 e8.

### 3.4. EFEITO DA ORDEM DE GRANDEZA DA BARREIRA DE PERMEABILIDADE

Este conjunto de casos reúne os reservatórios 7, 9 e 10. Todos possuem em comum o mesmo comprimento de barreira de permeabilidade (100 metros), iniciando todas em a 500 metros do poço, porém com diferentes permeabilidades nas barreiras. No caso 7, o reservatório possui uma barreira com uma ordem de grandeza menor de permeabilidade quando comparada a original; no reservatório 9 uma barreira com permeabilidade 2 ordens de grandeza menor; e no reservatório10, a barreira de permeabilidade é uma ordem de grandeza maior.

	$k[m^2]$	$k_d[m^2]$	$R_{ini} [m]$	$R_{fin} [m]$
<b>Reservatório 7</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	500	600
<b>Reservatório 9</b>	$10^{-12}$	$10^{-14}$	500	600
<b>Reservatório 10</b>	$10^{-12}$	$10^{-11}$	500	600

Tabela 6 - Conjunto de reservatórios para estudo da ordem de grandeza da barreira de permeabilidade.

Na Figura 13, podemos identificar que por possuírem a barreira de permeabilidade na mesma posição, o tempo onde o gradiente deixa de ser constante é o mesmo para todos os casos. Uma outra curiosidade é que, até então não havíamos estudado nenhum caso onde a barreira tivesse uma ordem de grandeza maior do que o resto do reservatório. Isso fica evidente, uma vez que no Reservatório 10, há um salto positivo na variação do log da pressão. Já os dois outros reservatórios, possuem um salto negativo como de se esperar, uma vez que enfrentam barreiras menos permeáveis, refletindo em menores gradientes de pressão, onde a combinação de permeabilidade e tamanho da barreira refletem na amplitude de queda

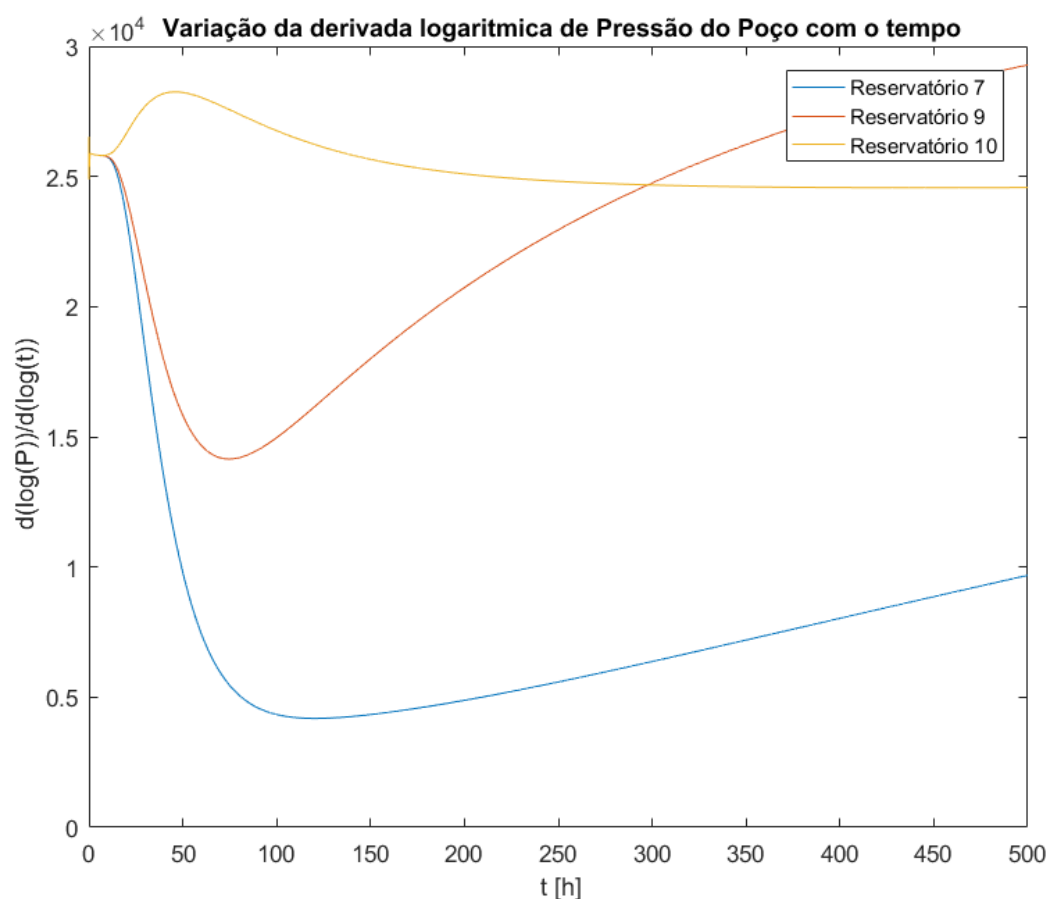


Figura 13 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 9, 7 e 10.

### 3.5. RESPOSTA DO RESERVATÓRIO PARA DIFERENTES PERMEABILIDADES

A união dos casos abaixo representa a diferença de permeabilidade em dois reservatórios, que apresentam barreiras com permeabilidades uma ordem de grandeza menores do que a do resto do reservatório, porém diferentes entre si.

	$k[m^2]$	$k_d[m^2]$	$R_{ini} [m]$	$R_{fin} [m]$
<b>Reservatório 7</b>	$10^{-12}$	$10^{-13}$	500	600
<b>Reservatório 11</b>	$10^{-11}$	$10^{-12}$	500	600

*Tabela 7 - Conjunto de reservatórios com diferentes permeabilidades.*

Dessa vez, estamos comparados casos onde a permeabilidade original do reservatório é diferente. Diante disso, embora a posição onde se encontram as barreiras seja a mesma, o tempo de resposta do sistema muda. Isso se deve a velocidade de propagação da onda, que é diretamente proporcional a permeabilidade. Ou seja, quanto maior a permeabilidade, mais rápida a onda irá se propagar, o que fica evidente no Reservatório 11, onde a permeabilidade original é maior do que a do Reservatório 7. Dessa forma, o tempo onde o gradiente de pressão diminui é menor, assim como a amplitude da queda.

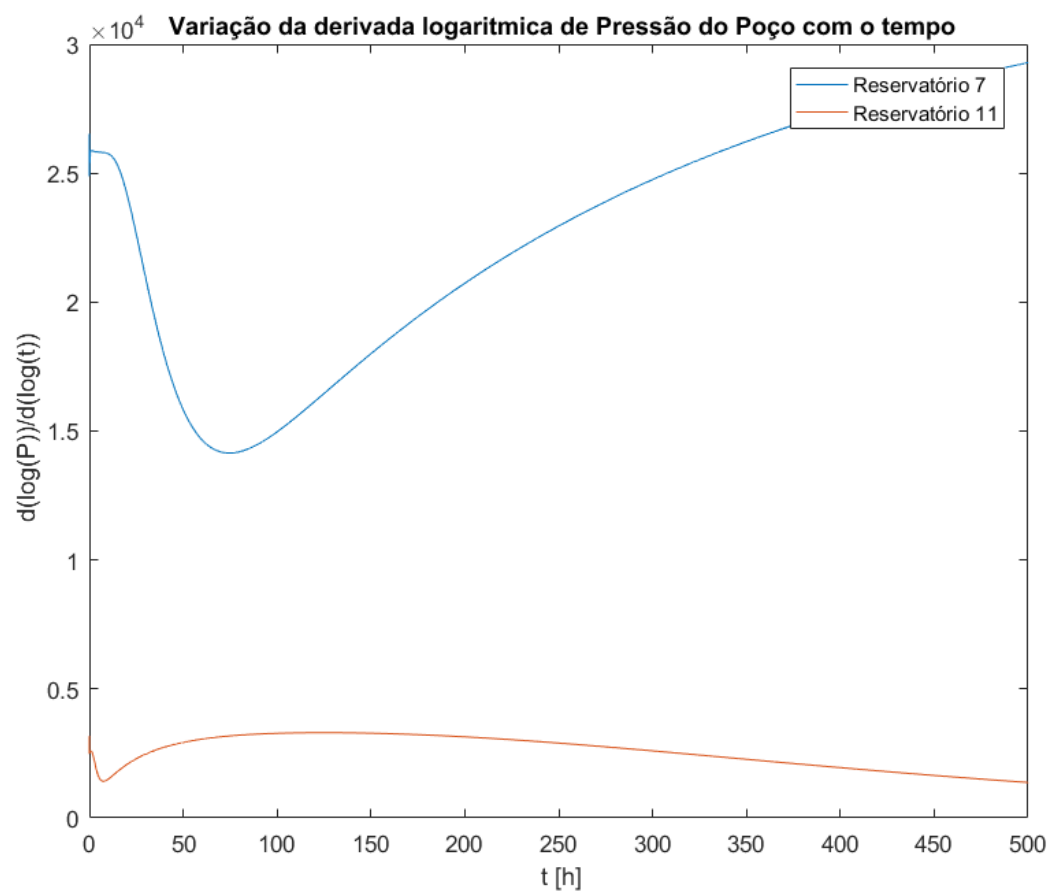


Figura 14 - Variação da derivada do log da pressão em função do tempo para os reservatórios 7 e 11.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSÃO**

Os resultados apresentados mostram o efeito de diferentes características de reservatórios não homogêneos na assinatura da curva de variação de pressão durante um teste de formação.

Foram estudados os efeitos da posição, comprimento e permeabilidade no comportamento da curva de pressão.

Os resultados podem auxiliar a interpretação dos dados de pressão em testes de formação.

## **Bibliografia**

- Carvalho, M. (s.d.). Fonte: ENG 1714 - Métodos Numéricos para Engenharia Mecânica:  
<http://lmmmp.mec.puc-rio.br/eng1714/>
- Carvalho, M. d., & Quinones, D. M. (2017/2018). *Simulação térmica de transientes no acoplamento poço-reservatório: Interpretação de dados de pressão e temperatura para estimativa de parâmetros do reservatório*. Relatório Técnico Parcial, PUC-Rio, Departamento de Engenharia Mecânica.
- Peres, A. M. (Maio de 2017). TESTE DE PRESSÃO EM POÇOS PETROLÍFEROS. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.



## ANEXO A – CÓDIGO

```
clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 1
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 1000;
Rfin = 1500;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
```

```

        drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-12;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1
        D = K(i)/(mu*Ct*phi);

        A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i) )*rd(i);
        A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drml(i));

```

```

        A(i,i-1)=-D/(r(i)*drml(i)*drde(i) )*re(i);
        f(i,1)=p(i)/Dt;
    end

    Patual=A\f;
    j=j+1;
    t(j) = t(j-1)+Dt;
    for i=1:N
        p(i)=Patual(i);
    end
    Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

clc           % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all     % Apaga as variáveis usadas anteriornente
% CASO 2 -
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600%TMAX=1000;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 1000;
Rfin = 1500;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i) *(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);

```

```

end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-11;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-11;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1
        D = K(i)/(mu*Ct*phi);

        A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
        A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
        A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
        f(i,1)=p(i)/Dt;
    end

    Patual=A\f;

```

```

    j=j+1;
    t(j) = t(j-1)+Dt;
    for i=1:N
        p(i)=Patual(i);
    end
    Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriornente
% CASO 3
% ENTRADA DE DADOS

```

```

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 1000;
Rfin = 1500;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A); %Conc r(1)
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-13;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

```

```

        end
    end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1
        D = K(i)/(mu*Ct*phi);

        A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
        A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
        A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
        f(i,1)=p(i)/Dt;
    end

    Patual=A\f;
    j=j+1;
    t(j) = t(j-1)+Dt;
    for i=1:N
        p(i)=Patual(i);
    end
    Pt(1,j) = p(1);

```



```

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 4
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;

```

```

Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 1000;
Rfin = 1500;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

```

```

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1
        D = K(i)/(mu*Ct*phi);

        A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
        A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
        A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
        f(i,1)=p(i)/Dt;
    end

    Patual=A\f;
    j=j+1;
    t(j) = t(j-1)+Dt;
    for i=1:N
        p(i)=Patual(i);
    end
    Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...

```

```

+ (Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-1)) * log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 5
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

```

```

Rini = 1000;
Rfin = 1100;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)

```

```

    Dt=10;
elseif (t(j)> 1000)
    Dt=60;
end

% Condições de contorno

A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

for i=2:N-1
    D = K(i)/(mu*Ct*phi);

    A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
    A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
    A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
    f(i,1)=p(i)/Dt;
end

Patual=A\f;
j=j+1;
t(j) = t(j-1)+Dt;
for i=1:N
    p(i)=Patual(i);
end
Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

%
plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');

```

```

xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 6
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 1000;
Rfin = 2000;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;

```

```

for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

```



```

A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

A(N,N)=1;
f(N,1)=Pini;

for i=2:N-1
    D = K(i)/(mu*Ct*phi);

    A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
    A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
    A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
    f(i,1)=p(i)/Dt;
end

Patual=A\f;
j=j+1;
t(j) = t(j-1)+Dt;
for i=1:N
    p(i)=Patual(i);
end
Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');

```

```

legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' dp ' );
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 7
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 500;
Rfin = 600;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;

```

```

        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i) * (Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1

```

```

    D = K(i)/(mu*Ct*phi);

    A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i) )*rd(i);
    A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drml(i));
    A(i,i-1)=-D/(r(i)*drml(i)*drde(i) )*re(i);
    f(i,1)=p(i)/Dt;
end

Patual=A\f;
j=j+1;
t(j) = t(j-1)+Dt;
for i=1:N
    p(i)=Patual(i);
end
Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');

```

```

legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriornente
% CASO 8
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 100;
Rfin = 200;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A); %Conc r(1)
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);

```

```

end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1
        D = K(i)/(mu*Ct*phi);

        A(i,i+1)=-D/(r(i)*drml(i)*drde(i))*rd(i);
        A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drml(i)-
re(i)/drml(i));
        A(i,i-1)=-D/(r(i)*drml(i)*drde(i))*re(i);
        f(i,1)=p(i)/Dt;

```

```

end

Patual=A\f;
j=j+1;
t(j) = t(j-1)+Dt;
for i=1:N
    p(i)=Patual(i);
end
Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriornente

```

```

% CASO 9
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 500;
Rfin = 600;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A); %Conc r(1)
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)

```



```

        K(i) = 1.0e-14;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1
        D = K(i)/(mu*Ct*phi);

        A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
        A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
        A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
        f(i,1)=p(i)/Dt;
    end

    Patual=A\f;
    j=j+1;
    t(j) = t(j-1)+Dt;
    for i=1:N
        p(i)=Patual(i);
    end
end

```

```

    Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 10
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10;

% Dados do problema

```

```

Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 500;
Rfin = 600;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A); %Conc r(1)
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-11;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;

```

```

end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1
        D = K(i)/(mu*Ct*phi);

        A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
        A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
        A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
        f(i,1)=p(i)/Dt;
    end

    Patual=A\f;
    j=j+1;
    t(j) = t(j-1)+Dt;
    for i=1:N
        p(i)=Patual(i);
    end
    Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1

```

```

        DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
        tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ' );
ylabel(' p ' );

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' p ' );
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' dp ' );
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 11
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;

```

```

phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 500;
Rfin = 600;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-11;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-12;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

```

```

j

if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
    Dt=10;
elseif (t(j)> 1000)
    Dt=60;
end

% Condições de contorno

A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

A(N,N)=1;
f(N,1)=Pini;

for i=2:N-1
    D = K(i)/(mu*Ct*phi);

    A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
    A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
    A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
    f(i,1)=p(i)/Dt;
end

Patual=A\f;
j=j+1;
t(j) = t(j-1)+Dt;
for i=1:N
    p(i)=Patual(i);
end
Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

```

```

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ' );
ylabel(' p ' );

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h]' );
ylabel(' p ' );
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h]' );
ylabel(' dp ' );
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 12
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10;

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 1000;
Rfin = 1050;

L = Rinf - Rw;

```



```

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end
end

```

```

% Condições de contorno

A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

A(N,N)=1;
f(N,1)=Pini;

for i=2:N-1
    D = K(i)/(mu*Ct*phi);

    A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
    A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drM1(i));
    A(i,i-1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*re(i);
    f(i,1)=p(i)/Dt;
end

Patual=A\f;
j=j+1;
t(j) = t(j-1)+Dt;
for i=1:N
    p(i)=Patual(i);
end
Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');

```

```

xlabel(' t [h]' );
ylabel(' p ' );
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h]' );
ylabel(' dp ' );
legend('poco');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

clc           % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all     % Apaga as variáveis usadas anteriornente
% CASO 13
% ENTRADA DE DADOS

```

```

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10

```

```

% Dados do problema

```

```

Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

```

```

Rini = 1000;
Rfin = 1010;

```

```

L = Rinf - Rw;

```

```

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

```

```

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);

```

```

        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;

```

```

f(N,1)=Pini;

for i=2:N-1
    D = K(i)/(mu*Ct*phi);

    A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i))*rd(i);
    A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drml(i));
    A(i,i-1)=-D/(r(i)*drml(i)*drde(i))*re(i);
    f(i,1)=p(i)/Dt;
end

Patual=A\f;
j=j+1;
t(j) = t(j-1)+Dt;
for i=1:N
    p(i)=Patual(i);
end
Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)

```

```

title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' dp ' );
legend('poco');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc          % Apaga tudo o escrito na janela de comandos
clear all    % Apaga as variáveis usadas anteriormente
% CASO 14 -
% ENTRADA DE DADOS

N=201;
Dt=0.1;
lastTime=20*24*3600*10

% Dados do problema
Rw = 0.125;
Rinf = 5000;
Pini = 13.06e+6;
Qw = 3.29799e-3;
Ct = 1.4165e-9;
mu = 2.949e-3;
phi = 0.29;
H = 30.48;

Rini = 1000;
Rfin = 1200;

L = Rinf - Rw;

r(1) = Rw;
A=6.e-0;
for i=1:N

    X(i)=1+tanh(A*((i-1)/(N-1)-1))/tanh(A); %Conc r(1)
    if ((i>1)&(i<N))
        Xd=1+tanh(A*((i+0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        rd(i)=(Xd)*(Rinf-Rw)+Rw;
        Xe=1+tanh(A*((i-0.5-1)/(N-1)-1))/tanh(A);
        re(i)=(Xe)*(Rinf-Rw)+Rw;
        drde(i)=rd(i)-re(i);
    end
    r(i) =X(i)*(Rinf-Rw)+Rw;

```

```

end
for i=1:N-1
    drM1(i)=r(i+1)-r(i);
end
for i=2:N
    drml(i)=r(i)-r(i-1);
end

for i=1:N
    K(i) = 1.0e-12;
    if (r(i)>Rini)&&(r(i)<Rfin)
        K(i) = 1.0e-13;
    end
end

%Condições iniciais para t=0
t(1)=0;
for i=1:N
    p(i,1)=Pini;
end

j=1;Pt(j,1)=Pini

while(t(j)<=lastTime)

    j

    if (t(j)> 100)&&(t(j)<= 1000)
        Dt=10;
    elseif (t(j)> 1000)
        Dt=60;
    end

    % Condições de contorno

    A(1,1)=-1/(r(2)-r(1));
    A(1,2)= 1/(r(2)-r(1));
    f(1,1)=mu*Qw/(2*pi*K(1)*H*r(1));

    A(N,N)=1;
    f(N,1)=Pini;

    for i=2:N-1
        D = K(i)/(mu*Ct*phi);

        A(i,i+1)=-D/(r(i)*drM1(i)*drde(i) )*rd(i);

```

```

        A(i,i)=1/Dt-D/(r(i)*drde(i))*(-rd(i)/drM1(i)-
re(i)/drml(i));
        A(i,i-1)=-D/(r(i)*drml(i)*drde(i) )*re(i);
        f(i,1)=p(i)/Dt;
    end

    Patual=A\f;
    j=j+1;
    t(j) = t(j-1)+Dt;
    for i=1:N
        p(i)=Patual(i);
    end
    Pt(1,j) = p(1);

end

for j=3:j-1
    DP(j-2)=abs( (Pt(1,j+1)-
Pt(1,j))/log(t(j+1)/t(j))*log(t(j)/t(j-1))/log(t(j+1)/t(j-
1)) ...
                +(Pt(1,j)-Pt(1,j-1))/log(t(j)/t(j-
1))*log(t(j+1)/t(j))/log(t(j+1)/t(j-1)) );
    tP(j-2)=t(j);
end

plot(r,p(:));
title(' Pressao final ao longo do reservatorio');
xlabel(' x ');
ylabel(' p ');

figure
plot(t/3600,Pt)
title(' Variacao de pressao do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' p ');
legend('poco');

figure
plot(tP/3600,DP)
title(' Variacao da derivada log de pressao do poço com o
tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' dp ');
legend('poco');

```

%%%



```

%plotagem permeabilidades
clc
clear all

for i=1:5000
y1(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1500
        y1(i)= 10^(-12);
    end

x(i)=i;
end

for i=1:5000
y2(i)=10^(-11);
    if i>=1000 && i<=1500
        y2(i)= 10^(-11);
    end
end

for i=1:5000
y3(i)=10^(-13);
    if i>=1000 && i<=1500
        y3(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y4(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1500
        y4(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y5(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1100
        y5(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y6(i)=10^(-12);

```

```

        if i>=1000 && i<=2000
            y6(i)= 10^(-13);
        end

end

for i=1:5000
y7(i)=10^(-12);
    if i>=500 && i<=600
        y7(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y8(i)=10^(-12);
    if i>=100 && i<=200
        y8(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y9(i)=10^(-12);
    if i>=500 && i<=600
        y9(i)= 10^(-14);
    end

end

for i=1:5000
y10(i)=10^(-12);
    if i>=500 && i<=600
        y10(i)= 10^(-11);
    end

end

for i=1:5000
y11(i)=10^(-11);
    if i>=500 && i<=600
        y11(i)= 10^(-12);
    end

end

for i=1:5000
y12(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1050

```

```

        y12(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y13(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1010
        y13(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y14(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1200
        y14(i)= 10^(-13);
    end

end

figure
plot(x,y1,x,y2,x,y3)
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-2*10^(-12) 1.2*10^(-11)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 1','Reservatório 2','Reservatório
3');

figure
p=plot(x,y4,x,y5,x,y12,x,y14);
p(1).LineWidth=2.5;
p(2).LineStyle='-.';
p(2).LineWidth=2.5;
p(3).LineWidth=2.5;
p(3).LineStyle=': ';
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-1*10^(-13) 11*10^(-13)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 4','Reservatório 5','Reservatório
12','Reservatório 14');

figure
a=plot(x,y5,x,y7,x,y8);
a(1).LineWidth=1.5;

```

```

a(2).LineStyle='-.';
a(2).LineWidth=2.5;
a(3).LineWidth=2.5;
a(3).LineStyle=': ';
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-1*10^(-13) 11*10^(-13)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 5','Reservatório 7','Reservatório 8');

```

```

figure
b=plot(x,y7,x,y9,x,y10);
b(1).LineWidth=1.5;
b(2).LineStyle='-.';
b(2).LineWidth=2.5;
b(3).LineWidth=2.5;
b(3).LineStyle=': ';
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-1*10^(-13) 1.1*10^(-11)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 7','Reservatório 9','Reservatório 10');

```

```

figure
c=plot(x,y7,x,y11);
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-1*10^(-13) 1.1*10^(-11)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 7','Reservatório 11');

```

```

%plotagem permeabilidades
clc
clear all

```

```

for i=1:5000
y1(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1500
        y1(i)= 10^(-12);
    end

x(i)=i;
end

```

```

for i=1:5000
y2(i)=10^(-11);
    if i>=1000 && i<=1500
        y2(i)= 10^(-11);
    end
end

for i=1:5000
y3(i)=10^(-13);
    if i>=1000 && i<=1500
        y3(i)= 10^(-13);
    end
end

end

for i=1:5000
y4(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1500
        y4(i)= 10^(-13);
    end
end

end

for i=1:5000
y5(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1100
        y5(i)= 10^(-13);
    end
end

end

for i=1:5000
y6(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=2000
        y6(i)= 10^(-13);
    end
end

end

for i=1:5000
y7(i)=10^(-12);
    if i>=500 && i<=600
        y7(i)= 10^(-13);
    end
end

end

```

```

for i=1:5000
y8(i)=10^(-12);
    if i>=100 && i<=200
        y8(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y9(i)=10^(-12);
    if i>=500 && i<=600
        y9(i)= 10^(-14);
    end

end

for i=1:5000
y10(i)=10^(-12);
    if i>=500 && i<=600
        y10(i)= 10^(-11);
    end

end

for i=1:5000
y11(i)=10^(-11);
    if i>=500 && i<=600
        y11(i)= 10^(-12);
    end

end

for i=1:5000
y12(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1050
        y12(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000
y13(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1010
        y13(i)= 10^(-13);
    end

end

for i=1:5000

```

```

y14(i)=10^(-12);
    if i>=1000 && i<=1200
        y14(i)= 10^(-13);
    end

end

figure
plot(x,y1,x,y2,x,y3)
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-2*10^(-12) 1.2*10^(-11)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 1','Reservatório 2','Reservatório
3');

figure
p=plot(x,y4,x,y5,x,y12,x,y14);
p(1).LineWidth=2.5;
p(2).LineStyle='-.';
p(2).LineWidth=2.5;
p(3).LineWidth=2.5;
p(3).LineStyle=': ';
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-1*10^(-13) 11*10^(-13)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 4','Reservatório 5','Reservatório
12','Reservatório 14');

figure
a=plot(x,y5,x,y7,x,y8);
a(1).LineWidth=1.5;
a(2).LineStyle='-.';
a(2).LineWidth=2.5;
a(3).LineWidth=2.5;
a(3).LineStyle=': ';
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-1*10^(-13) 11*10^(-13)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 5','Reservatório 7','Reservatório
8');

figure
b=plot(x,y7,x,y9,x,y10);
b(1).LineWidth=1.5;

```

```

b(2).LineStyle='-.';
b(2).LineWidth=2.5;
b(3).LineWidth=2.5;
b(3).LineStyle=': ';
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-1*10^(-13) 1.1*10^(-11)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 7','Reservatório 9','Reservatório
10');

```

```

figure
c=plot(x,y7,x,y11);
xlabel('L [m]');
ylabel('k [m²]');
ylim([-1*10^(-13) 1.1*10^(-11)]);
xlim([0 5000]);
legend('Reservatório 7','Reservatório 11');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

%Casos 1 2 e 3

```

```

clc

```

```

clear all

```

```

load('DP_caso1.mat')
DP1=DP;
load('tp_caso1.mat')
TP1=tP;
load('Pt_caso1.mat')
PT1=Pt;
load('t_caso1.mat')
T1=t;

```

```

load('DP_caso2.mat')
DP2=DP;
load('tp_caso2.mat')
TP2=tP;
load('Pt_caso2.mat')
PT2=Pt;
load('t_caso2.mat')
T2=t;

```

```

load('DP_caso3.mat')
DP3=DP;

```



```

load('tp_caso3.mat')
TP3=tP;
load('Pt_caso3.mat')
PT3=Pt;
load('t_caso3.mat')
T3=t;

figure
plot(TP1/3600,DP1,TP2/3600,DP2,TP3/3600,DP3)
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' d(log(P))/d(log(t)) ' );
title(' Variação da derivada logaritmica de Pressão do Poço com o tempo');
legend('Reservatório 1','Reservatório 2','Reservatório 3');

figure
plot(T1/3600,PT1,T2/3600,PT2,T3/3600,PT3)
title(' Variação de Pressão do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' P [Pa] ' );
legend('Reservatório 1','Reservatório 2','Reservatório 3');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Casos 4 5 12 e 14
clc
clear all

load('DP_caso4.mat')
DP4=DP;
load('tp_caso4.mat')
TP4=tP;
load('Pt_caso4.mat')
PT4=Pt;
load('t_caso4.mat')
T4=t;

load('DP_caso5.mat')
DP5=DP;
load('tp_caso5.mat')
TP5=tP;
load('Pt_caso5.mat')
PT5=Pt;
load('t_caso5.mat')

```

```

T5=t;

load('DP_caso12.mat')
DP12=DP;
load('tp_caso12.mat')
TP12=tP;
load('Pt_caso12.mat')
PT12=Pt;
load('t_caso12.mat')
T12=t;

load('DP_caso14.mat')
DP14=DP;
load('tp_caso14.mat')
TP14=tP;
load('Pt_caso14.mat')
PT14=Pt;
load('t_caso14.mat')
T14=t;

figure
plot(TP4/3600,DP4,TP5/3600,DP5,TP12/3600,DP12,TP14/3600,DP
14)
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' d(log(P))/d(log(t)) ' );
title(' Variação da derivada logaritmica de Pressão do
Poço com o tempo');
legend('Reservatório 4','Reservatório 5','Reservatório
12','Reservatório 14');

figure
plot(T4/3600,PT4,T5/3600,PT5,T12/3600,PT12,T14/3600,PT14)
title(' Variação de Pressão do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' P [Pa] ' );
legend('Reservatório 4','Reservatório 5','Reservatório
12','Reservatório 14');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Caso 7 e 11
clc
clear all

load('DP_caso7.mat')

```

```

DP7=DP;
load('tp_caso7.mat')
TP7=tP;
load('Pt_caso7.mat')
PT7=Pt;
load('t_caso7.mat')
T7=t;

load('DP_caso11.mat')
DP11=DP;
load('tp_caso11.mat')
TP11=tP;
load('Pt_caso11.mat')
PT11=Pt;
load('t_caso11.mat')
T11=t;

figure
plot(TP7/3600,DP7,TP11/3600,DP11)
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' d(log(P))/d(log(t)) ' );
title(' Variação da derivada logaritmica de Pressão do Poço com o tempo');
legend('Reservatório 7','Reservatório 11');
xlim([0,500])

figure
plot(T7/3600,PT7,T11/3600,PT11)
title(' Variação de Pressão do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' P [Pa] ' );
legend('Reservatório 7','Reservatório 11');
xlim([0,500])

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Caso 5 7 e 8
clc
clear all

load('DP_caso5.mat')
DP5=DP;
load('tp_caso5.mat')
TP5=tP;
load('Pt_caso5.mat')

```

```

PT5=Pt;
load('t_caso5.mat')
T5=t;

load('DP_caso7.mat')
DP7=DP;
load('tp_caso7.mat')
TP7=tP;
load('Pt_caso7.mat')
PT7=Pt;
load('t_caso7.mat')
T7=t;

load('DP_caso8.mat')
DP8=DP;
load('tp_caso8.mat')
TP8=tP;
load('Pt_caso8.mat')
PT8=Pt;
load('t_caso8.mat')
T8=t;

figure
plot(TP5/3600,DP5,TP7/3600,DP7,TP8/3600,DP8)
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' d(log(P))/d(log(t)) ');
title(' Variação da derivada logaritmica de Pressão do Poço com o tempo');
legend('Reservatório 5','Reservatório 7','Reservatório 8');
xlim([0,500])

figure
plot(T5/3600,PT5,T7/3600,PT7,T8/3600,PT8)
title(' Variação de Pressão do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ');
ylabel(' P [Pa] ');
legend('Reservatório 5','Reservatório 7','Reservatório 8');
xlim([0,500])

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Caso 7 9 e 10
clc
clear all

```

```

load('DP_caso9.mat')
DP9=DP;
load('tp_caso9.mat')
TP9=tP;
load('Pt_caso9.mat')
PT9=Pt;
load('t_caso9.mat')
T9=t;

load('DP_caso7.mat')
DP7=DP;
load('tp_caso7.mat')
TP7=tP;
load('Pt_caso7.mat')
PT7=Pt;
load('t_caso7.mat')
T7=t;

load('DP_caso10.mat')
DP10=DP;
load('tp_caso10.mat')
TP10=tP;
load('Pt_caso10.mat')
PT10=Pt;
load('t_caso10.mat')
T10=t;

figure
plot(TP9/3600,DP9,TP7/3600,DP7,TP10/3600,DP10)
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' d(log(P))/d(log(t)) ' );
title(' Variação da derivada logaritmica de Pressão do Poço com o tempo');
legend('Reservatório 7','Reservatório 9','Reservatório 10');
xlim([0,500])

figure
plot(T9/3600,PT9,T7/3600,PT7,T10/3600,PT10)
title(' Variação de Pressão do poço com o tempo');
xlabel(' t [h] ' );
ylabel(' P [Pa] ' );
legend('Reservatório 7','Reservatório 9','Reservatório 10');
xlim([0,500])
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```