



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E**  
**AMBIENTAL - DEHA**



**MANUAL UFC-FLOW**

## SUMÁRIO

1 PROBLEMA DO REBAIXAMENTO DE UM AQUÍFERO CONFINADO CAUSADO PELO BOMBEAMENTO CONSTANTE DE UM POÇO.....	2
2 SISTEMA DE UM AQUÍFERO COM RIO .....	13
3 PROBLEMA DO INFLUXO DE ÁGUA EM UM FOSSO DE ESCAVAÇÃO.....	25
4 ESCOAMENTO ATRAVÉS DA FUNDAÇÃO DE UMA BARRAGEM DE CONCRETO.....	39
5 ESCOAMENTO ATRAVÉS DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE UMA BARRAGEM DE TERRA.....	58
6 CALIBRAÇÃO CROATÁ.....	67
7 CALIBRAÇÃO CAUCAIA .....	86
8 CALIBRAÇÃO GUARATINGUETÁ.....	111
9 CALIBRAÇÃO IGUATU .....	144
10 CALIBRAÇÃO BARBALHA .....	167
ANEXO I – COTAS DE TOPO .....	187
ANEXO II - COTAS DE FUNDO .....	188
ANEXO III - CARGAS HIDRÁULICAS INICIAIS.....	189
ANEXO IV – RESULTADO UFC FLOW .....	190
ANEXO V - COMPARATIVO COM PMWIN.....	191



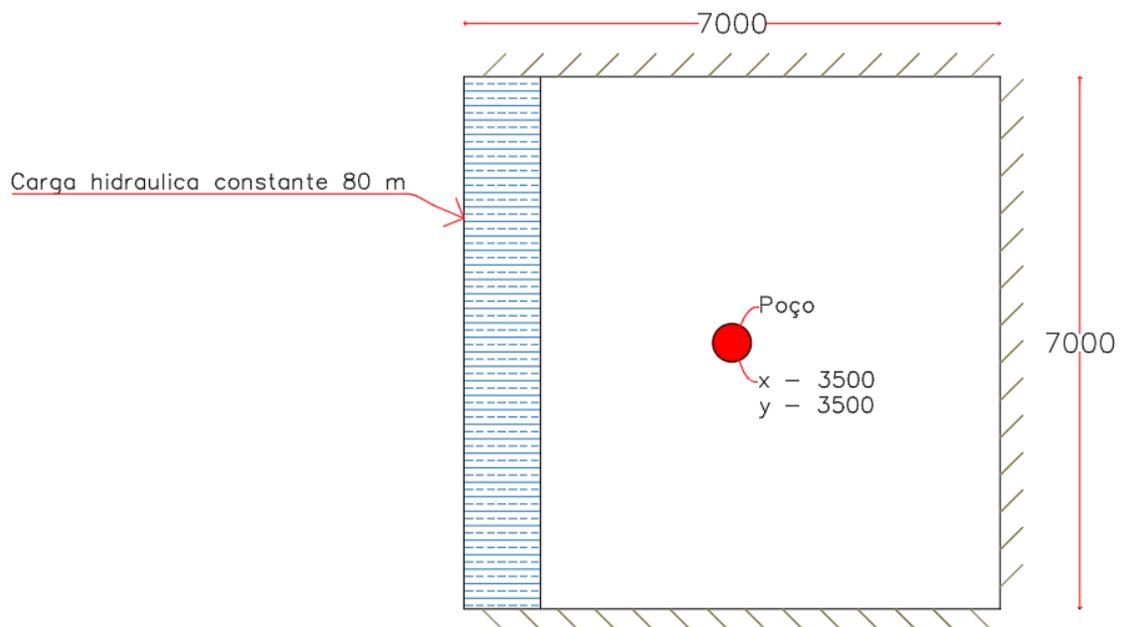
## 1 PROBLEMA DO REBAIXAMENTO DE UM AQUÍFERO CONFINADO CAUSADO PELO BOMBEAMENTO CONSTANTE DE UM POÇO

Seguem os dados (tabela 1) e a figura representativa do problema (figura 1).

**Tabela 1** – Dados do problema.

Descrição	Valor
Carga hidráulica do aquífero	40 m
Carga hidráulica constante (Potencial ao leste)	80 m
Espessura	30 m
Condutividade hidráulica horizontal	5 m/dia
Condutividade hidráulica vertical	0.5 m/dia
Porosidade	0.1
Armazenamento específico	$3.33 \times 10^{-7}$
Vazão do poço	530 m <sup>3</sup> /dia
Elevação de topo	0
Número de camadas	1
Tipo de aquífero	confinado
Regime	permanente

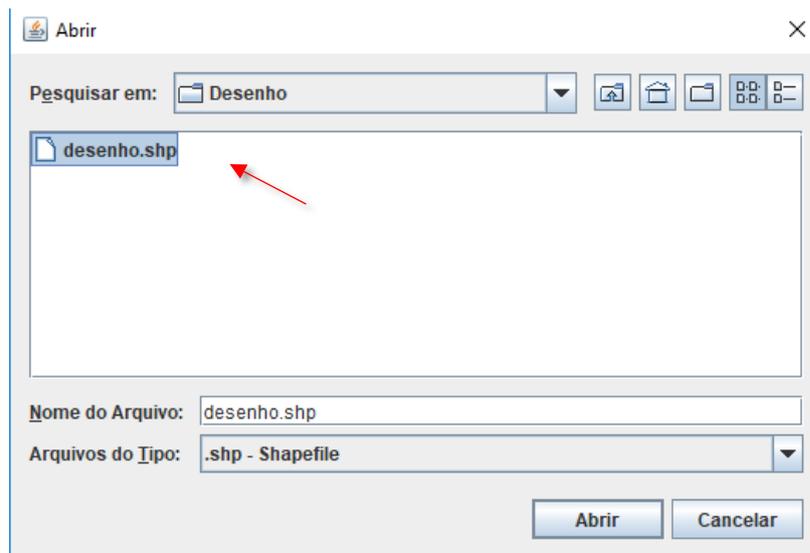
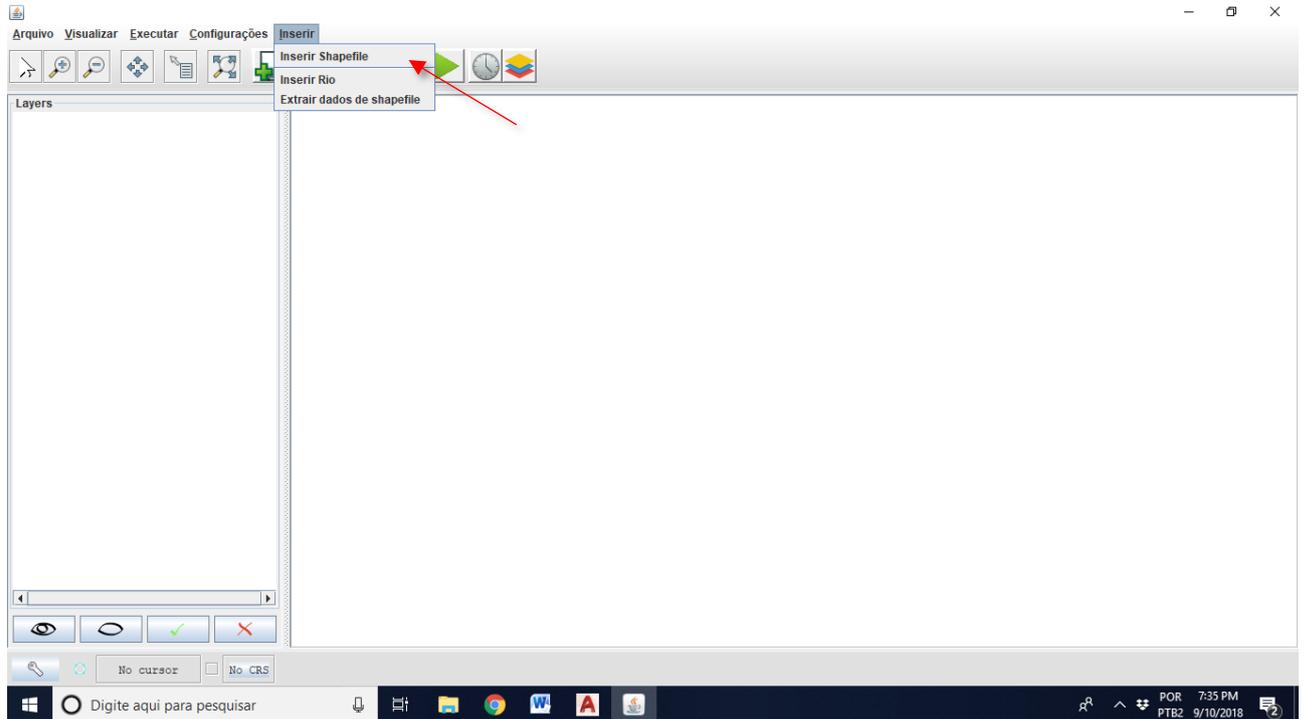
**Figura 1** – Potencial hídrico ao leste e fronteiras impermeáveis nas demais direções.



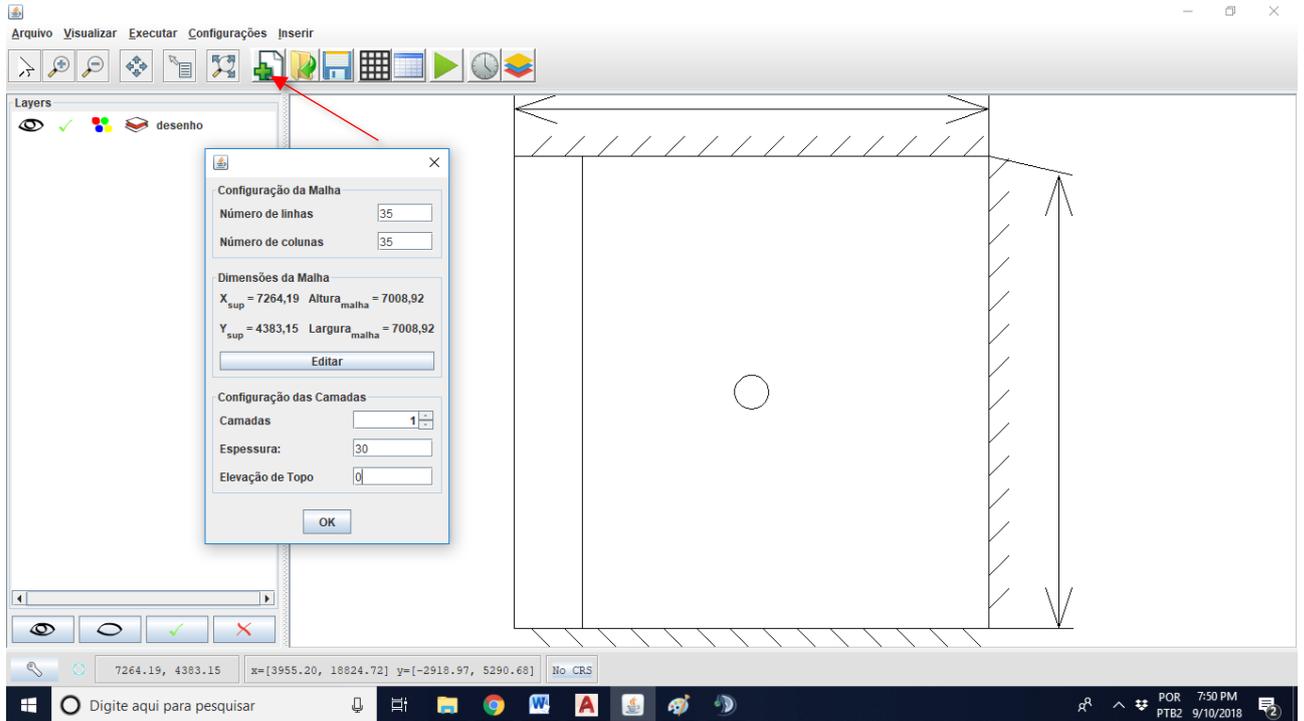
## O passo-a-passo do problema no UFC-FLOW

**1º Passo** – Abrir o software “C:/ UFC Flow/ ufcflow”;

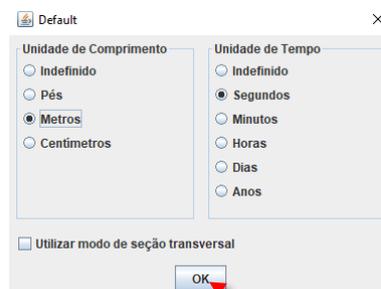
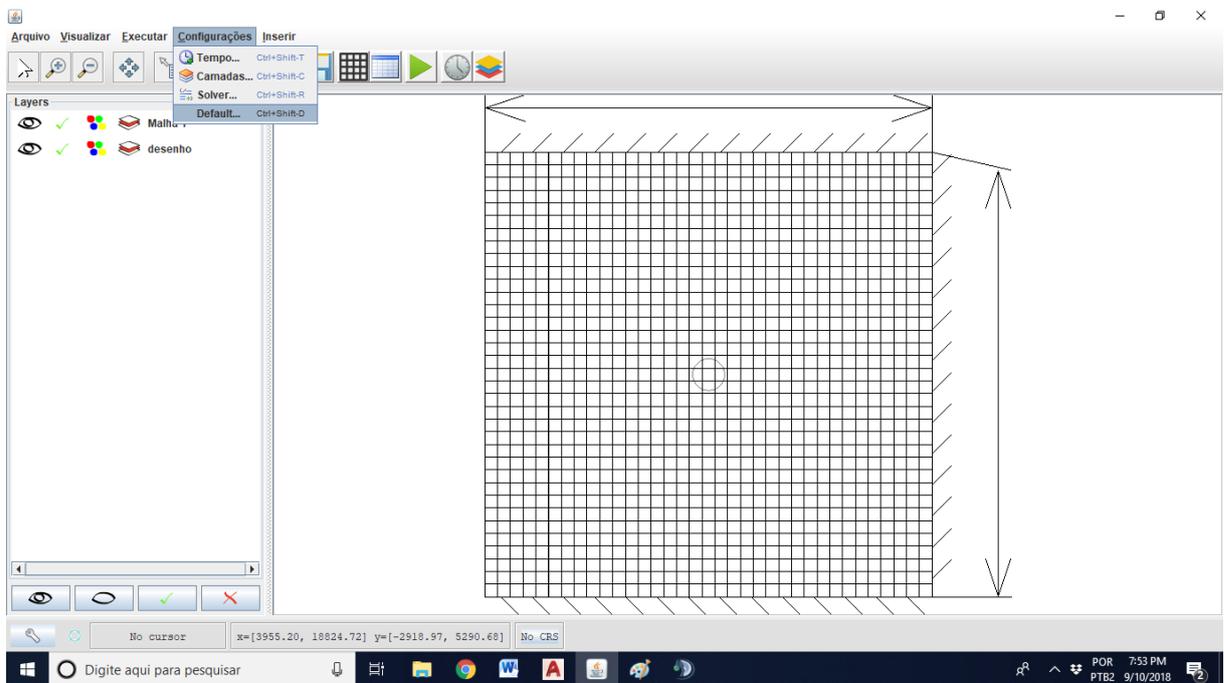
**2º Passo** – Inserir o shapefile do desenho;



**3º Passo** – Em seguida, clica-se no botão “Criar Novo” e seleciona-se um retângulo em torno do desenho, para que a malha criada fique “encaixada” no desenho;

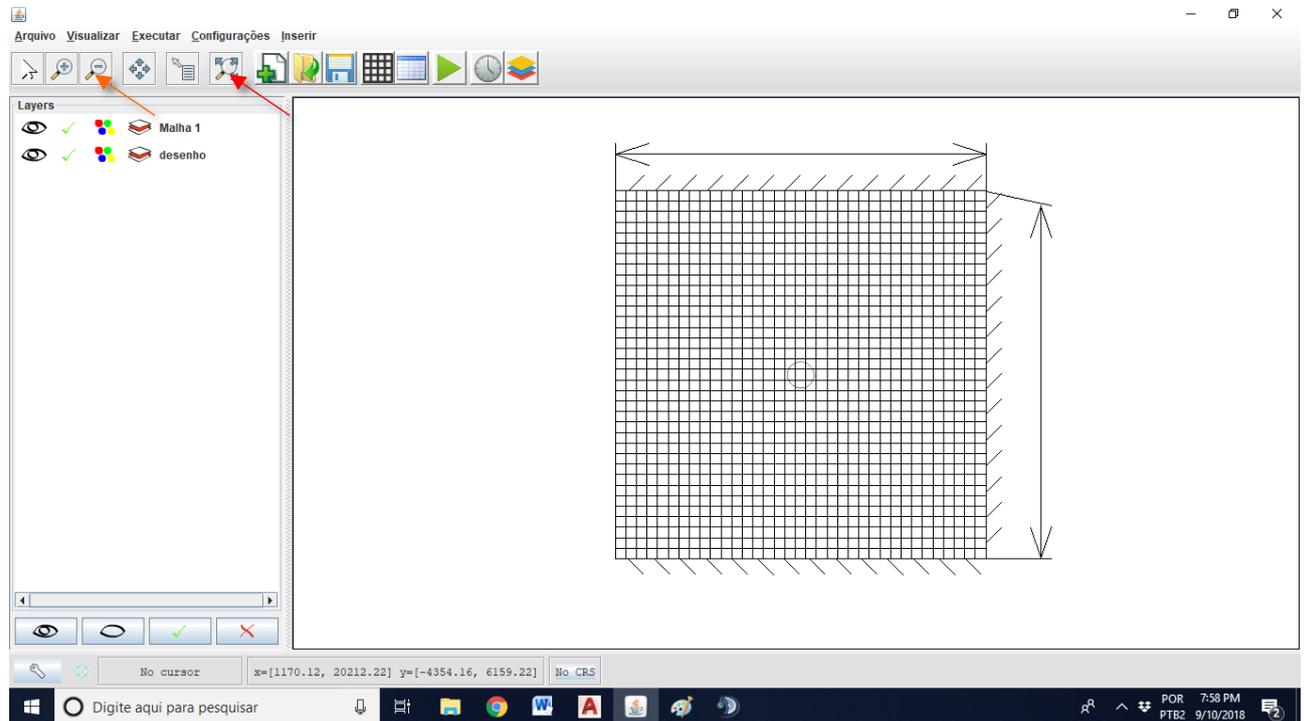


**4º Passo** – Após a abertura da tela, clica-se em “Configurações/Default”, para configurar as unidades a serem trabalhadas.

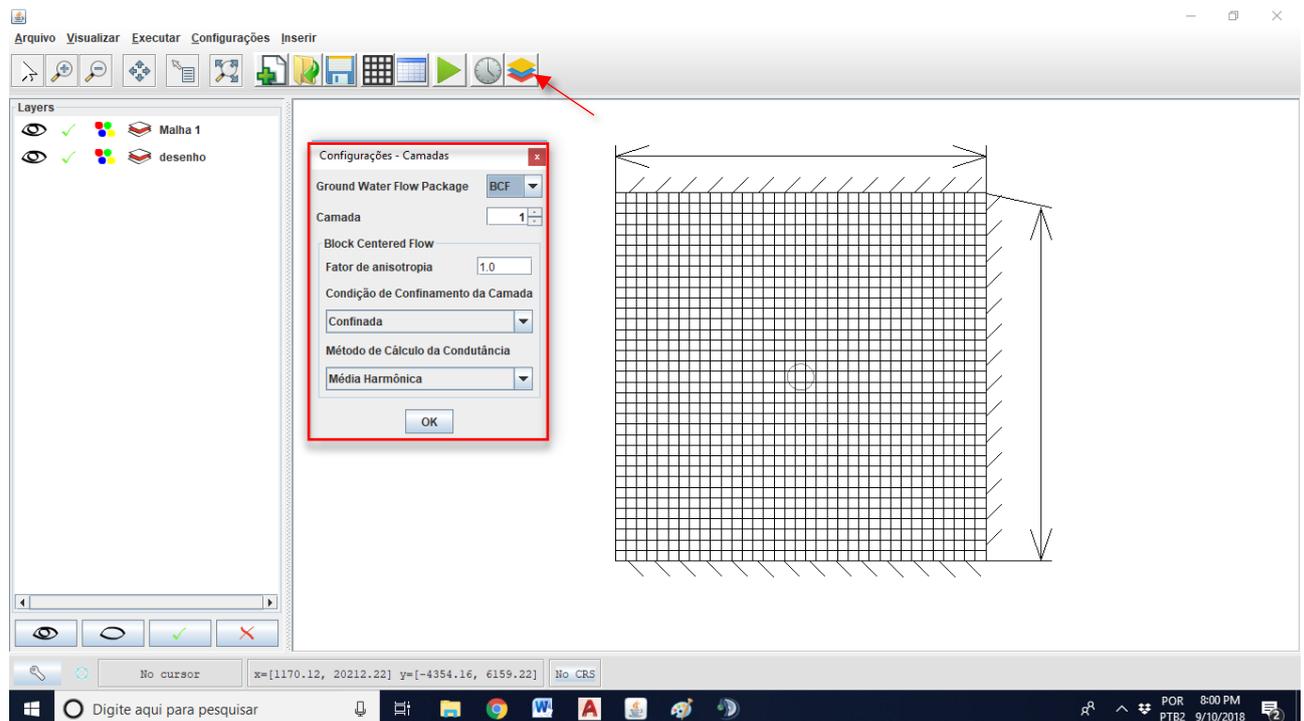


**5º Passo** – Clica-se em “Display full extent of all layers”, para melhor visualização das células;

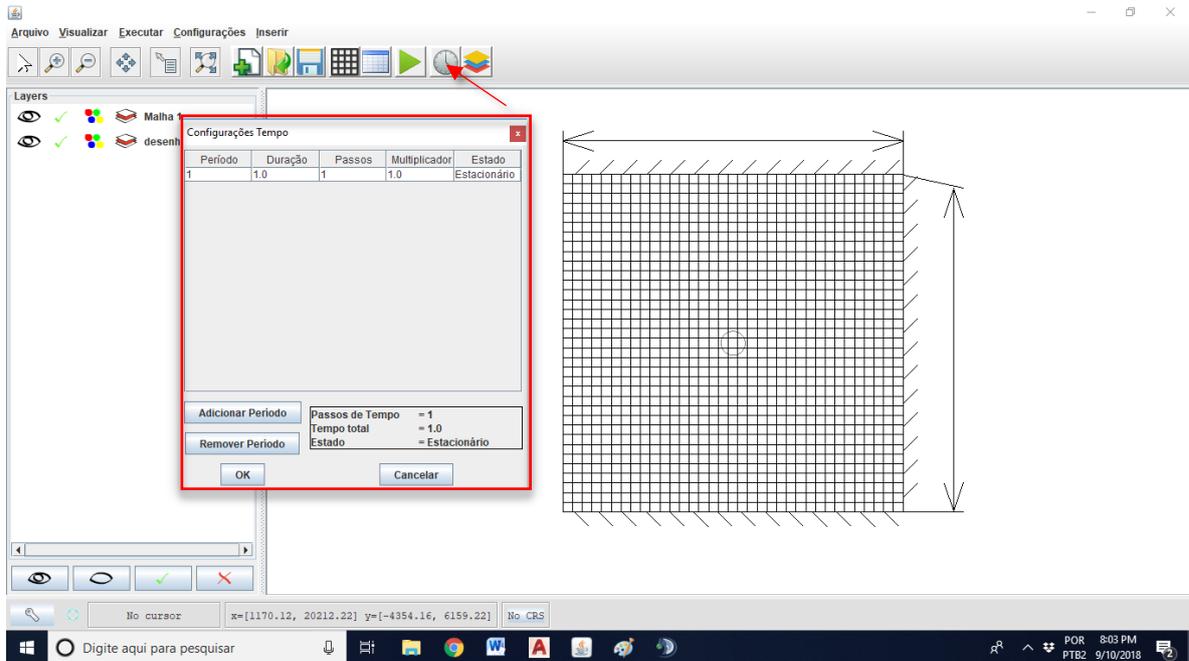
**6º Passo** – Clica-se em “Click to zoom out centred on cursor position”, para melhor visualização das células;



**7º Passo** – Clica-se em “Configurar as condições de fluxo nas camadas”, para configurar a camada;

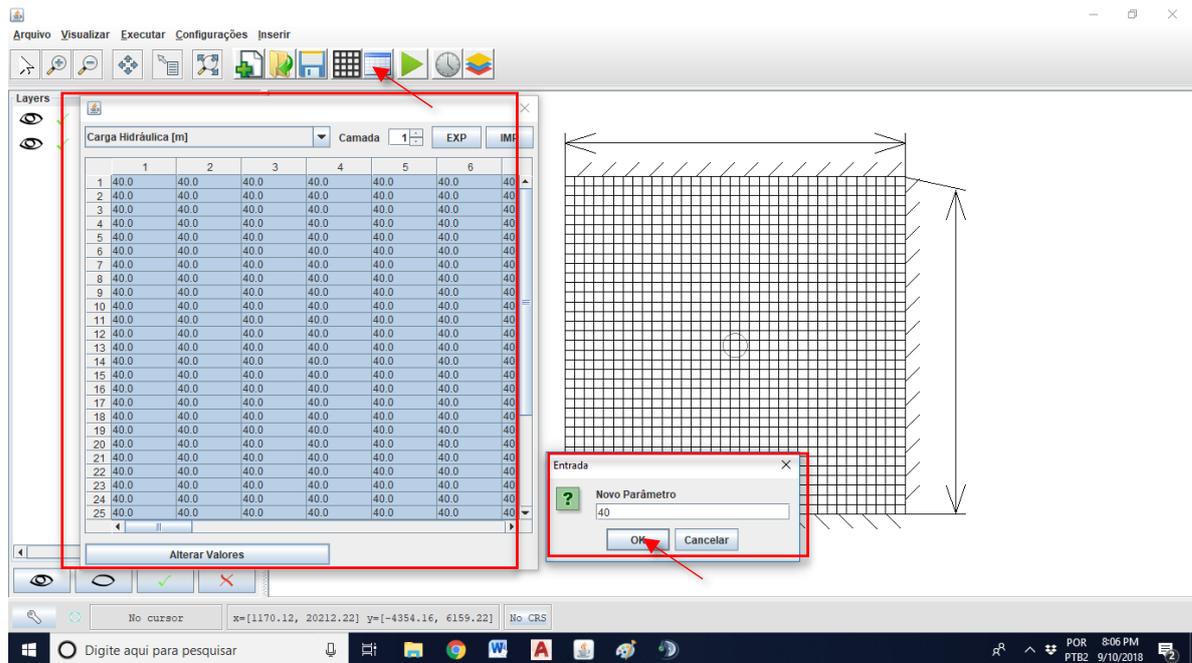


**8º Passo** – Clica-se em “Configurar as opções de tempo da simulação”, para escolha do regime do fluido e seus tempos de simulação;



**9º Passo** – Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos”, para inserção dos dados

**10º Passo** – Escolhe-se “Carga hidráulica/Alterar Valores = 40/OK”





### 13º Passo – Escolhe-se “Porosidade Efetiva/Alterar Valores = 0.1/OK”

The screenshot shows a software window with a menu bar (Arquivo, Visualizar, Executar, Configurações, Inserir) and a toolbar. A dialog box titled 'Porosidade Efetiva [%]' is open, displaying a table with 25 rows and 5 columns. All values in the table are 0.1. The dialog has buttons for 'Camada', 'EXP', and 'IMP', and an 'Alterar Valores' button at the bottom. To the right of the dialog is a grid diagram with a central circle and arrows indicating dimensions.

	1	2	3	4	
1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
13	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
14	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
16	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
17	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
18	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
19	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
21	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
22	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
23	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
24	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
25	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

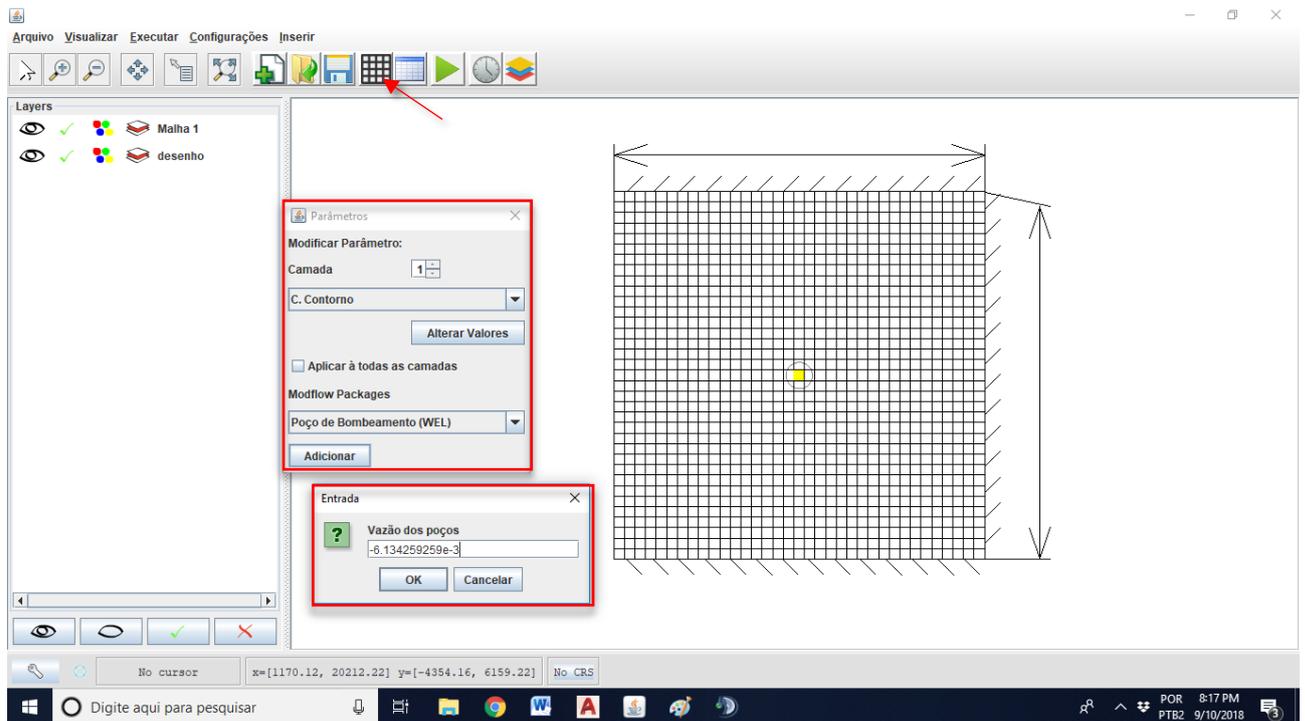
### 14º Passo – Escolhe-se “Armazenamento Específico/Alterar Valores= 3.33 e-7/OK”

The screenshot shows a software window with a menu bar (Arquivo, Visualizar, Executar, Configurações, Inserir) and a toolbar. A dialog box titled 'Armazenamento Específico [m]' is open, displaying a table with 25 rows and 5 columns. All values in the table are 3.33E-7. The dialog has buttons for 'Camada', 'EXP', and 'IMP', and an 'Alterar Valores' button at the bottom. To the right of the dialog is a grid diagram with a central circle and arrows indicating dimensions.

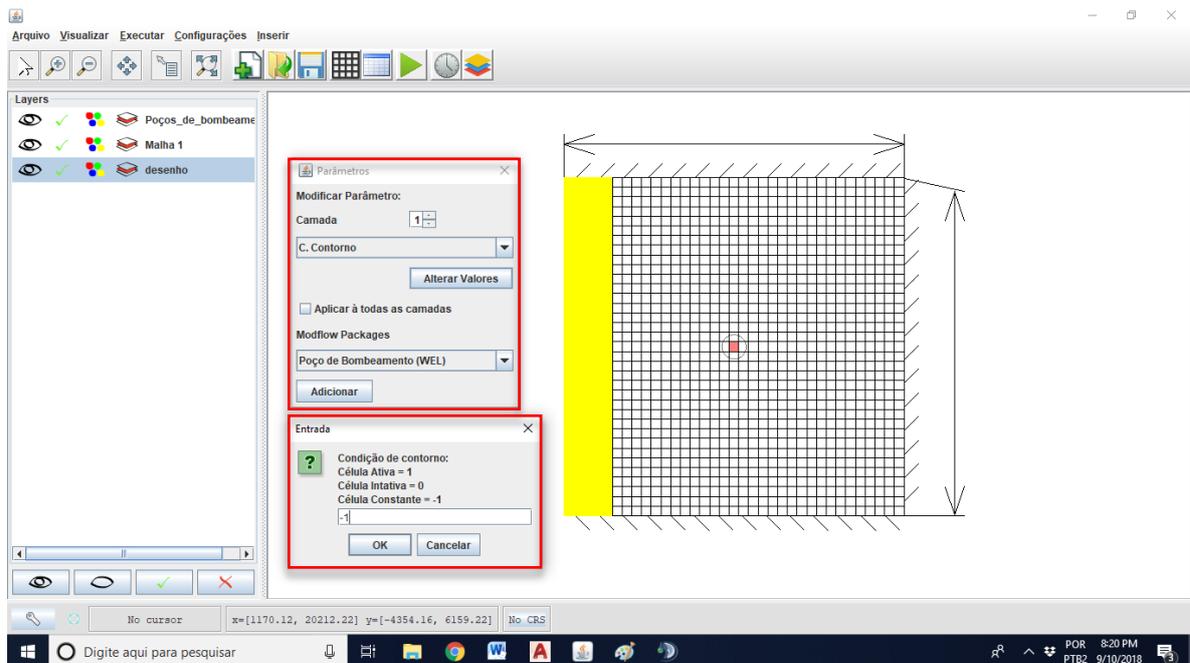
	1	2	3	4	
1	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
2	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
3	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
4	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
5	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
6	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
8	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
9	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
10	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
11	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
12	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
13	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
14	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
15	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
16	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
17	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
18	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
19	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
20	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
21	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
22	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
23	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
24	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7
25	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7	3.33E-7

15º Passo – Clica-se “Alterar vista para condição de contorno”, para inserir elementos envolvidos no problema;

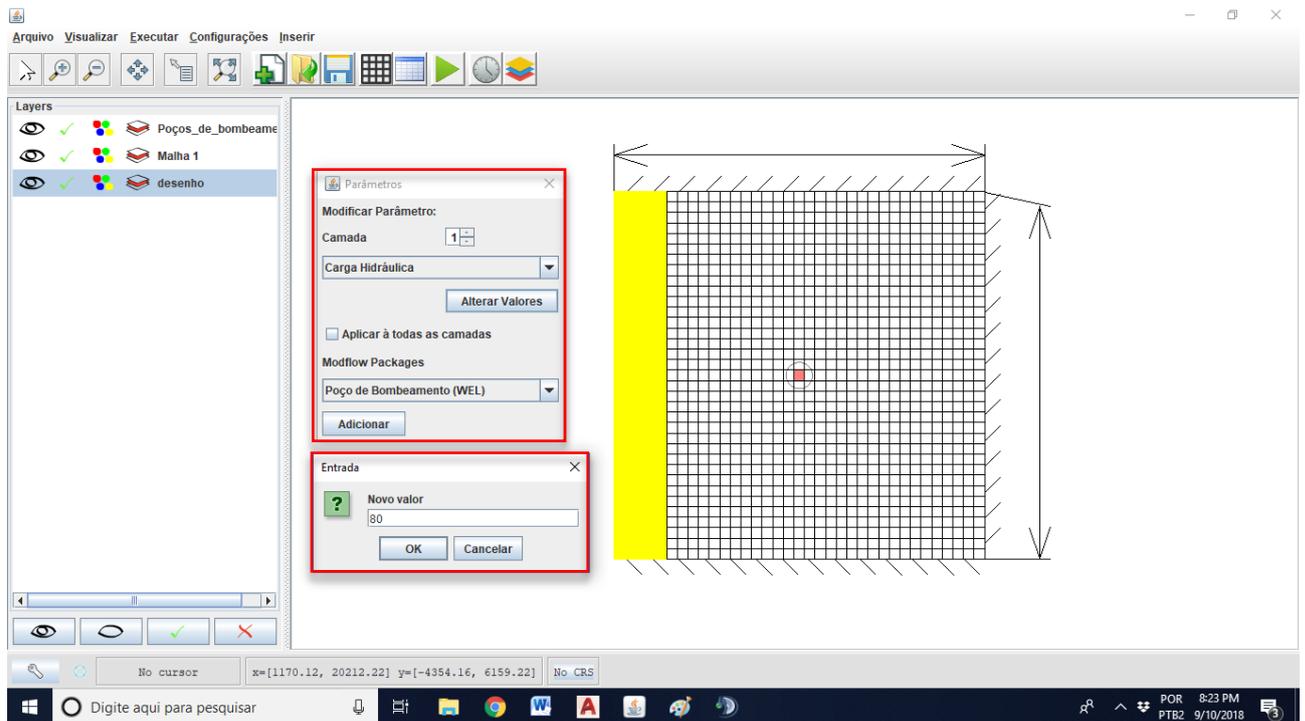
**16º Passo** – Clica-se na célula desejada (onde o poço se encontra), posteriormente clica-se em “Adicionar/OK”



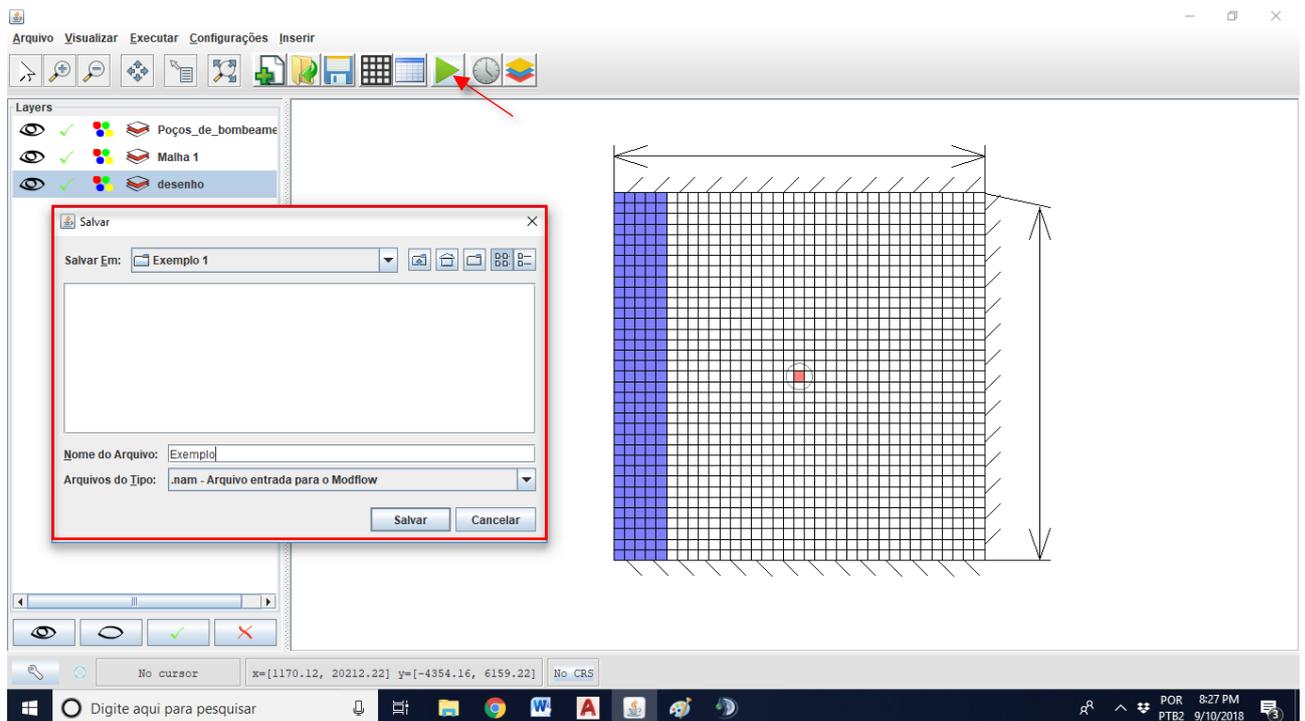
**17º Passo** – Clica-se na célula desejada (células que representam a potencial hídrico ao leste), posteriormente escolhe-se o parâmetro, em seguida, clica-se em “Alterar Valores = -1 /OK”



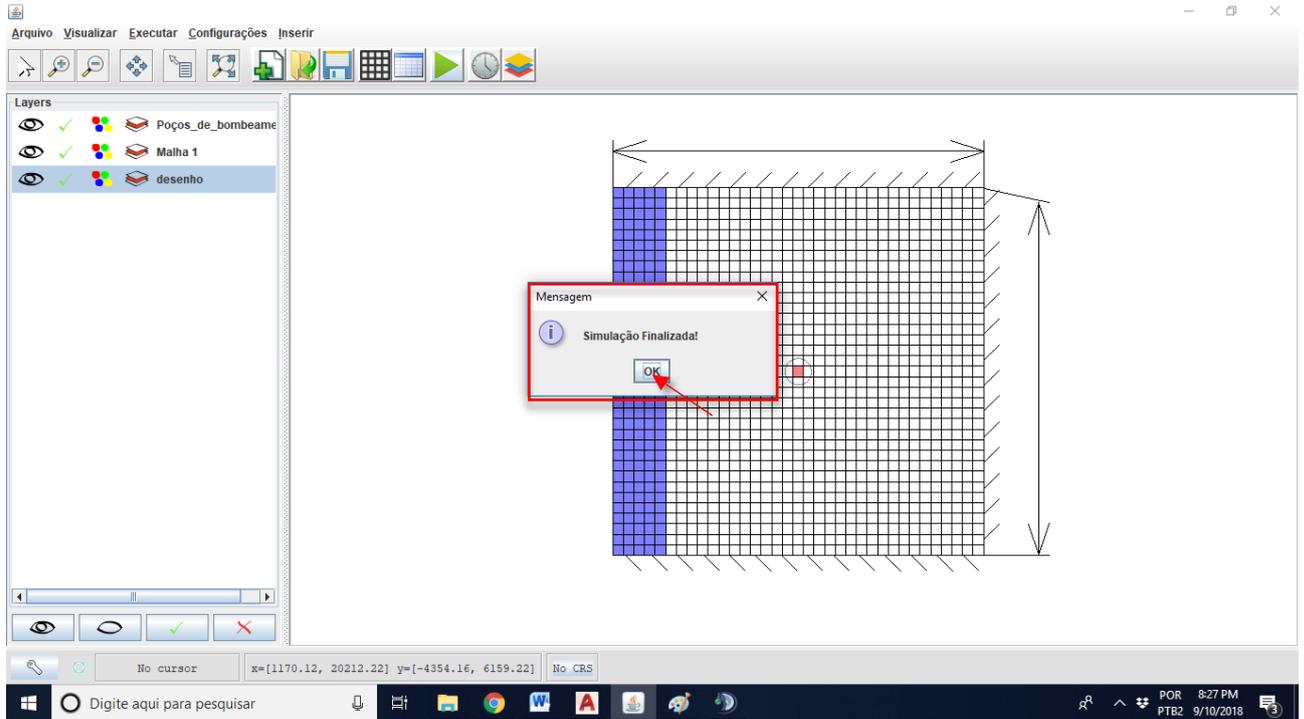
**18º Passo** – Clica-se na célula desejada (as mesmas do passo anterior), posteriormente escolhe-se o parâmetro, em seguida, clica-se em “Alterar Valores = 80/OK”



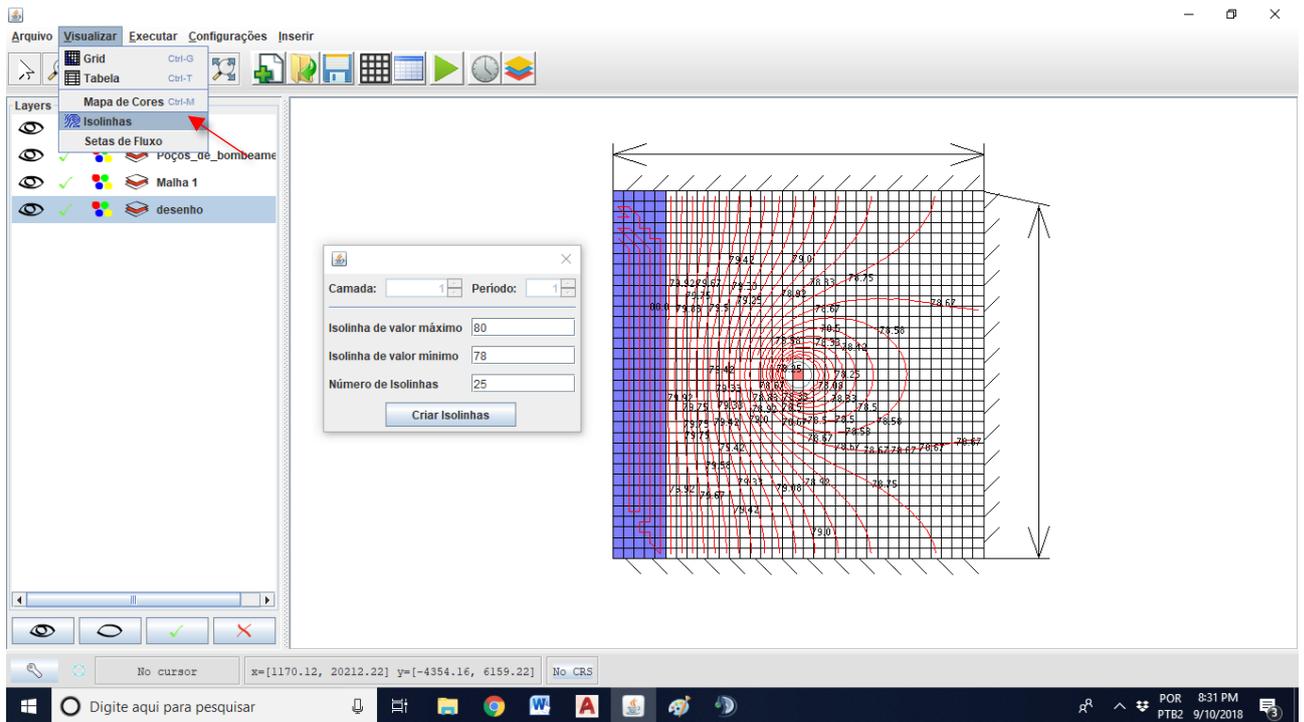
**19º Passo** – Clica-se em “Executar no modflow 2005”, posteriormente salve em uma pasta adequada, com preferência, dentro da pasta UFC Flow;



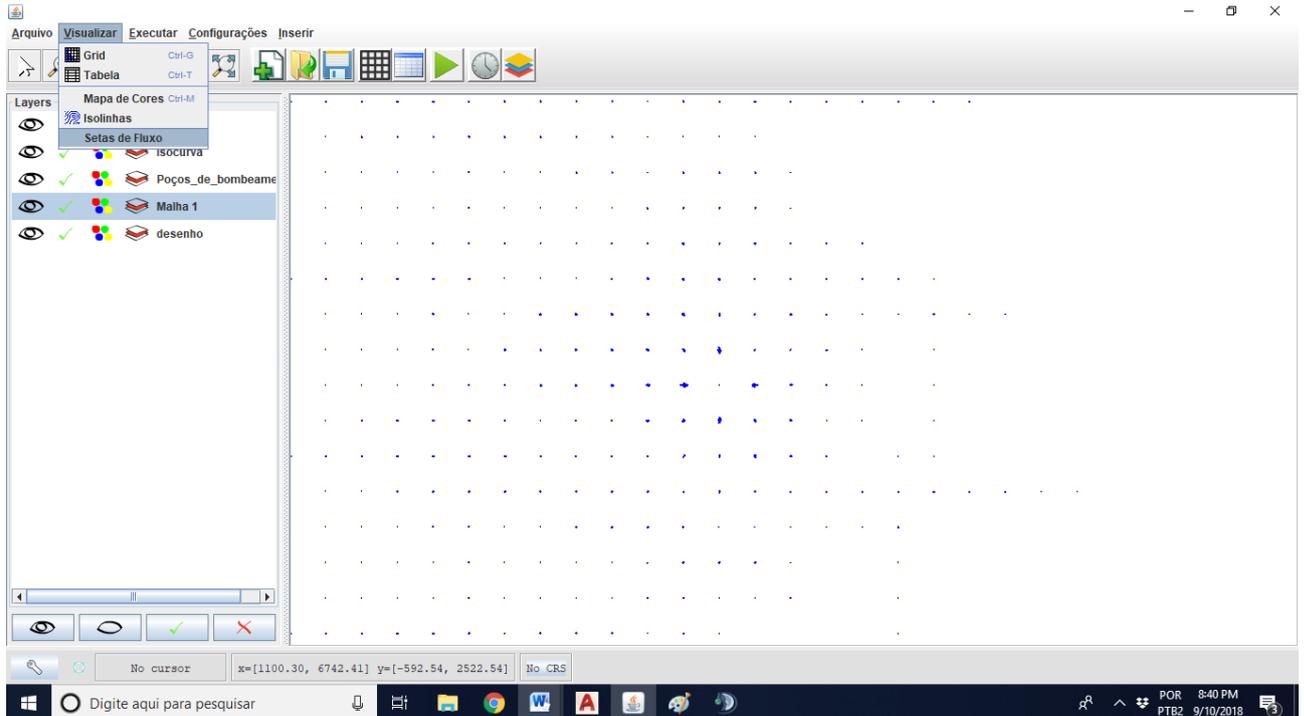
**20º Passo** – Se exibir uma mensagem com descrição “Simulação Finalizada”, confirme OK;



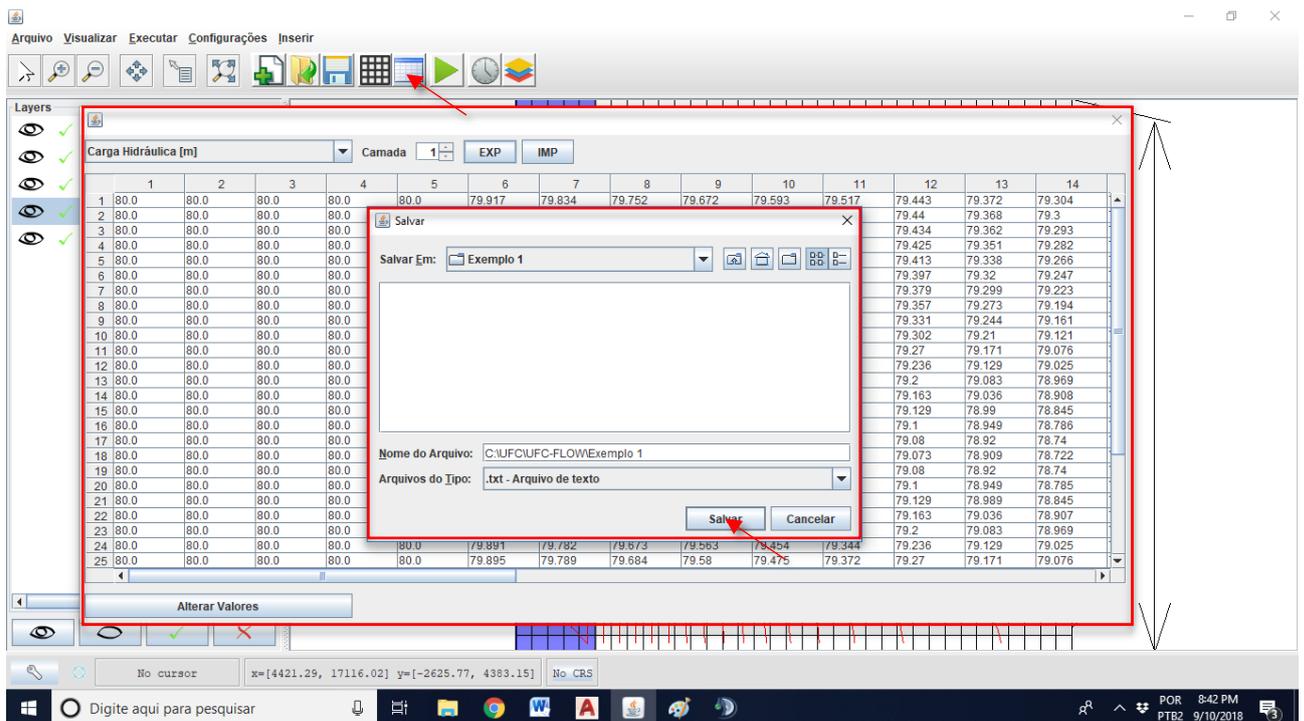
**21º Passo** – Clica-se em “Isolinhas”, para visualizar as linhas equipotenciais do sistema.



**22º Passo** – Clica-se em “Setas de Fluxo”, para visualizar as linhas de fluxo do sistema.



**23º Passo** – Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos”, para visualizar os valores das cargas do sistema, em seguida clica-se em “EXP/Salvar”, para exportar os valores no formato .txt.



Problema resolvido, pode-se visualizar os valores de Carga Hidráulica e o seu comportamento. Entretanto, para obter-se esse recurso, deve-se instalar o software Gnuplot.

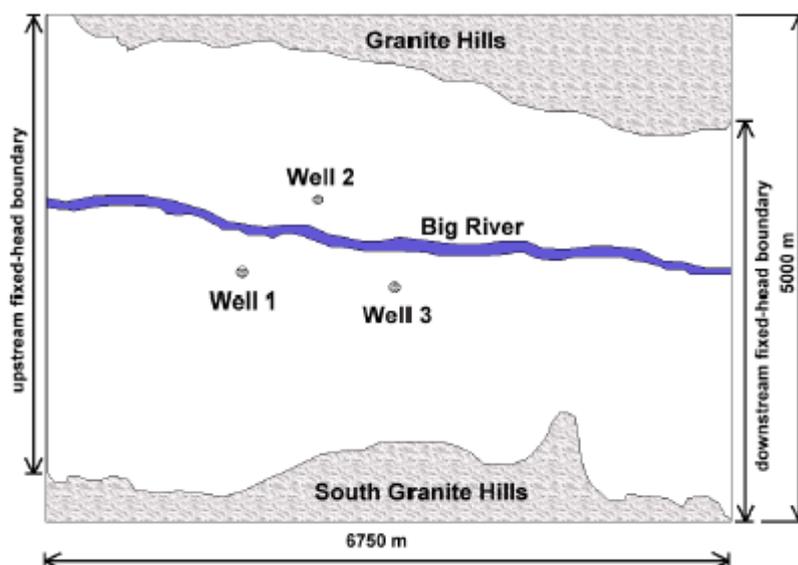
## 2 SISTEMA DE UM AQUÍFERO COM RIO

Seguem os dados (tabela 2) e a figura representativa do problema (figura 2).

**Tabela 2 – Dados do problema 2.**

<b>Dados gerais</b>	
Vazão bombeada	500 m <sup>3</sup> /dia
Carga hidráulica	desconhecida
<b>Camada 3 - Aquífero não confinado permeável</b>	
Condutividade horizontal	5 m/dia
Condutividade vertical	0.5 m/dia
Porosidade	0.2
Armazenamento específico	0.05
<b>Camada 2 - Camada de silte</b>	
Condutividade horizontal	0.5 m/dia
Condutividade vertical	0.05 m/dia
Porosidade	0.25
Espessura	2.0 m
<b>Camada 1 - Aquífero confinado com espessura variável</b>	
Condutividade horizontal	2 m/dia
Condutividade vertical	1 m/dia
Porosidade	0.25
Armazenamento específico	$5.0 \times 10^{-5}$

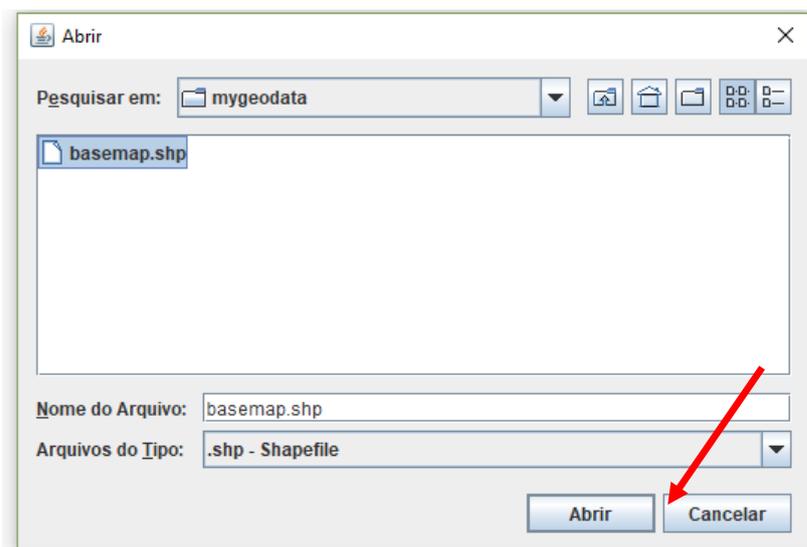
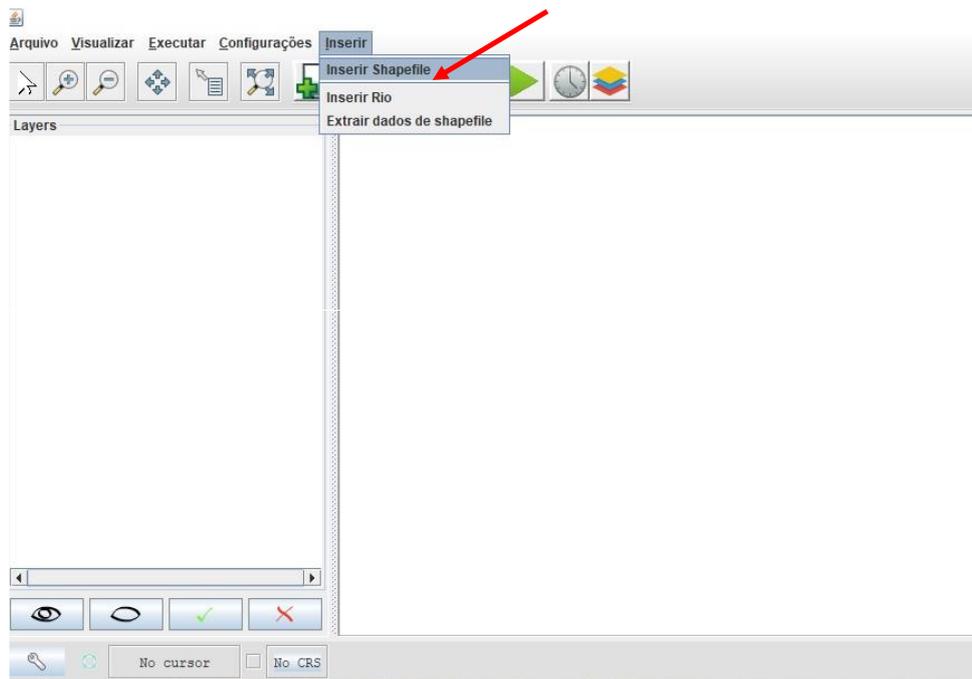
**Figura 2 – Configuração do modelo.**



## O passo-a-passo do problema no UFC-FLOW

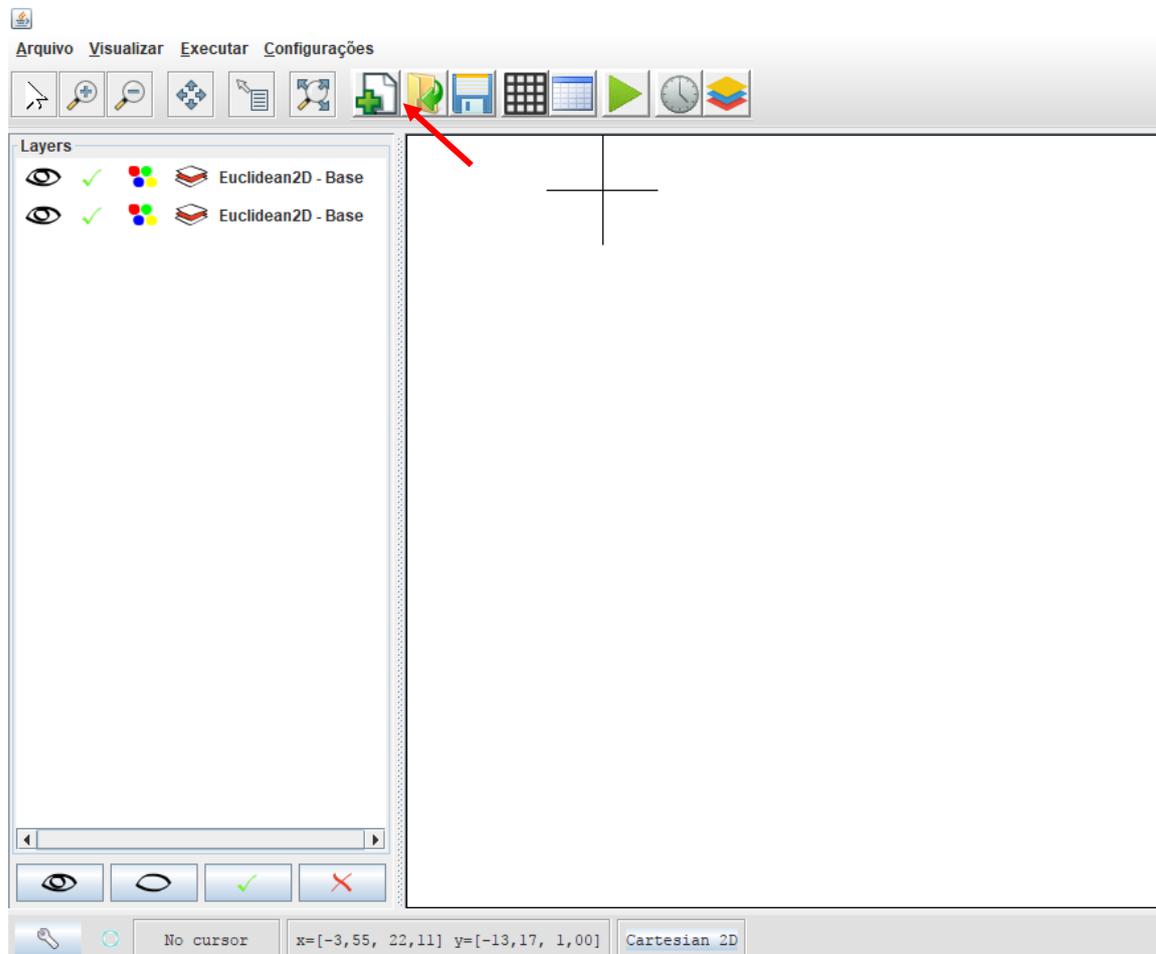
**1º Passo** – Inicialmente, é necessário obter o *background* da figura anterior para ser usada como plano de fundo no UFC-FLOW. Esse documento está disponível no “tutorial 3” dos exemplos do PMWIN, cujo o arquivo é o basemap.dxf. Uma vez obtido o dxf, é necessário convertê-lo para o formato *shapefile*, podendo ser feito por meio de conversores online (disponíveis em pesquisa no google) ou outros softwares de SIG.

Depois, de posse do arquivo em shapefile, clicar no menu “Inserir”, na barra superior e escolher a opção “Inserir Shapefile” para inserir o *background*. Em seguida escolher o arquivo basemap.shp na pasta de origem e selecionar “abrir”.



**2º Passo** - Clicar no botão “Criar Novo”, representado pelo ícone da folha em branco e o sinal positivo verde.

**3º Passo** - Apertar o botão direito do mouse em qualquer ponto da tela principal.



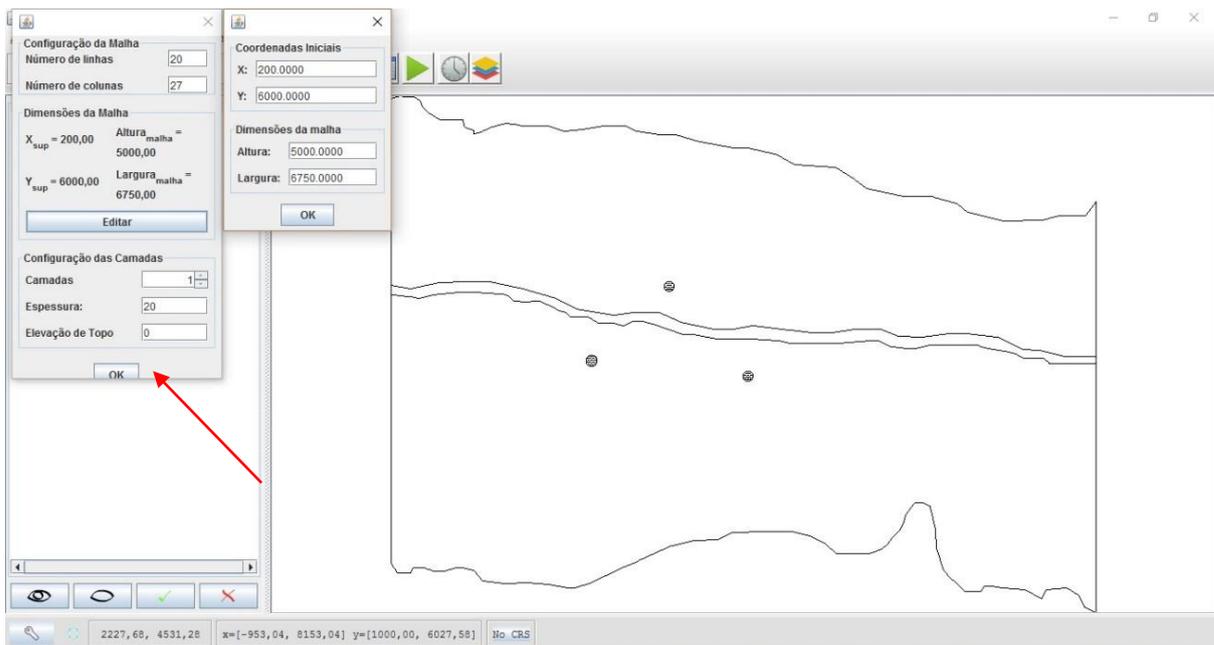
**4º Passo** – Com a nova janela aberta, inserir dados da malha da caixa de caracterização da malha.

Na área de “Configuração da Malha” inserir o número de linhas e de colunas.

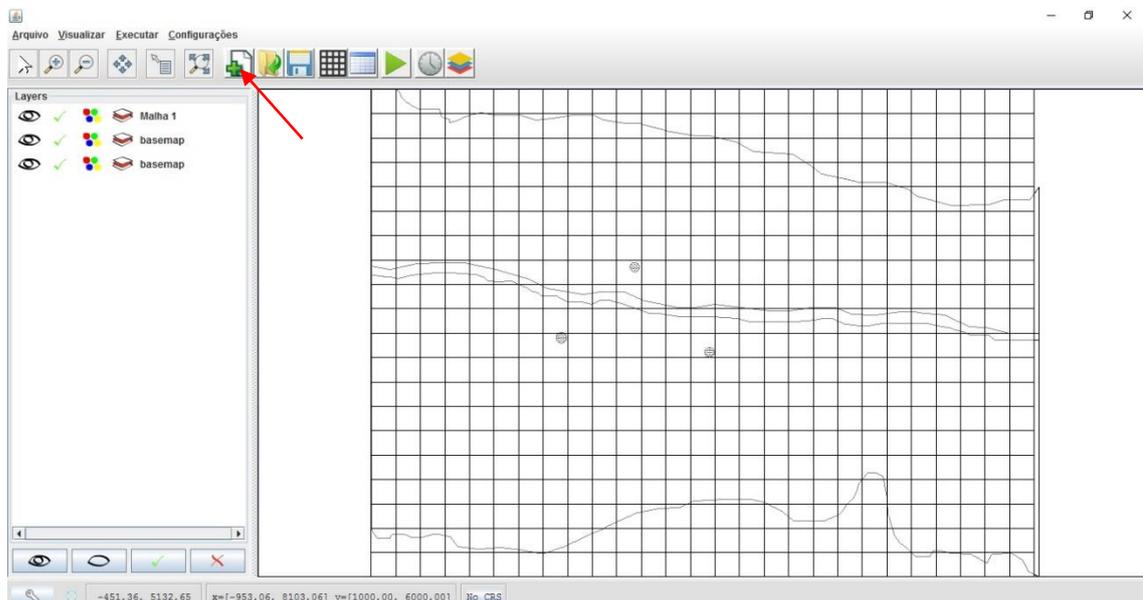
Na área de “Dimensões da Malha” selecionar a opção “Editar” e preencher os dados de coordenadas e dimensões na nova janela aberta.

Na área “Configuração das camadas” Optou-se em criar apenas 1 camada, pois o programa ainda não replica a modelagem de Rio e espessura 20.

Apertar “ok” para “encaixar” a grade projetada no *background* importado.



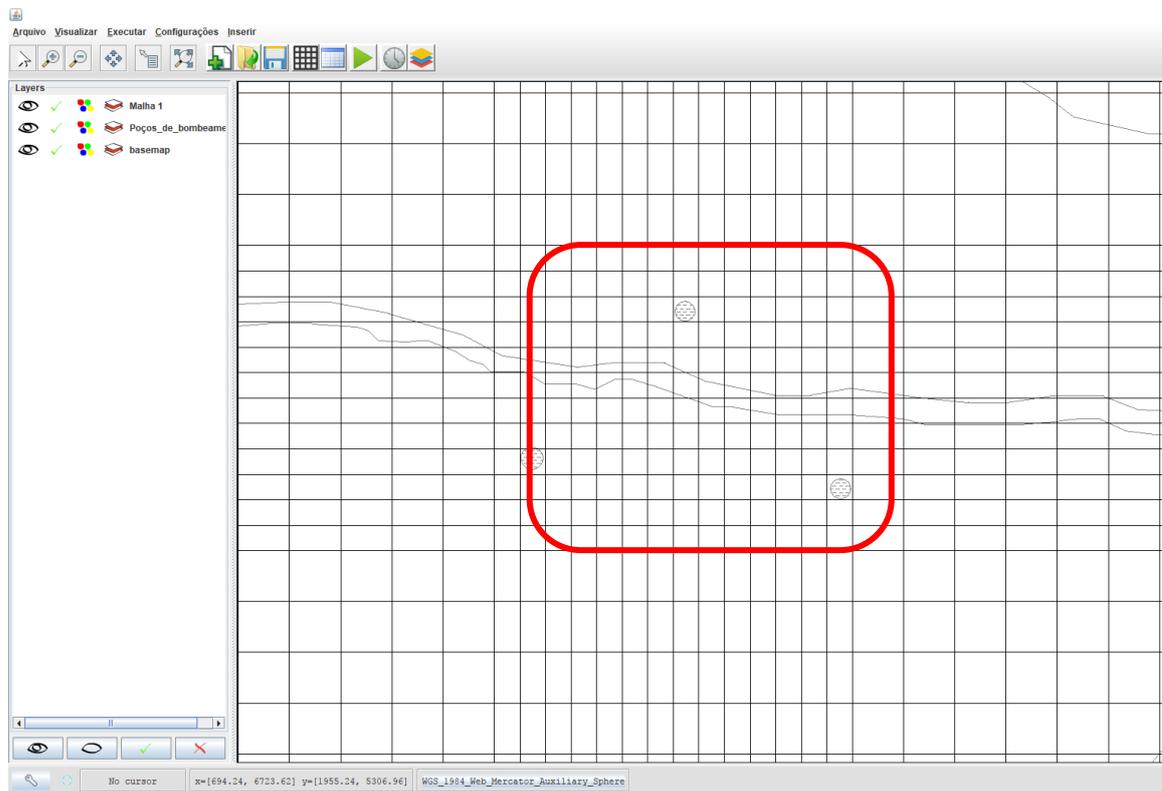
**5º Passo** - Com o gride encaixado no background, apertar o botão no menu “Display full extend of all layers” para centralizar a visualização da malha criada.



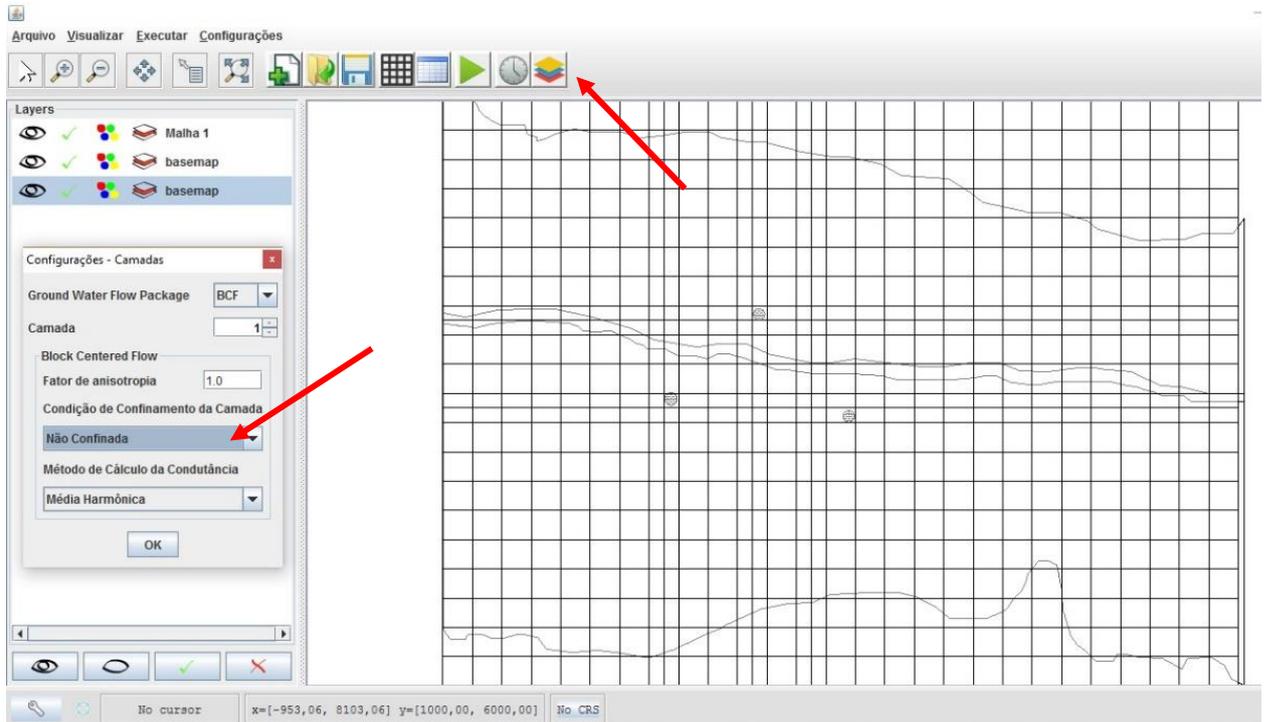
**6º Passo** – É necessário ser feito o refinamento na malha nos pontos de interesse, ou seja, dividi-la em partes menores em alguns pontos. Para isso, clicar com botão direito do mouse em cima das células em volta dos poços, selecionar “refinar malha” e então preencher os campos de divisão de linhas e colunas com o valor 1, para dividi-las em pela metade.

Repetir esse procedimento para todas as linhas e colunas localizadas entre os poços, ou seja, das linhas 7 a 12 e colunas 8 a 14, para efeito comparativo com os resultados obtidos no PMWIN, resultando no refinamento mostrado na figura a seguir.

Após aplicar o refinamento de todas as células, é necessário confirmar, clicando-se novamente com o botão direito em qualquer local da malha e confirmar na opção “aplicar refinamento” para as linhas tracejadas se tornarem sólidas.



**7º Passo** – Na barra superior, clicar em “Configurar as condições de fluxo nas camadas” para definir o tipo de aquífero. Nesse caso em que não se modelou o Rio, configura-se a única camada como “não confinada” e depois “ok”.

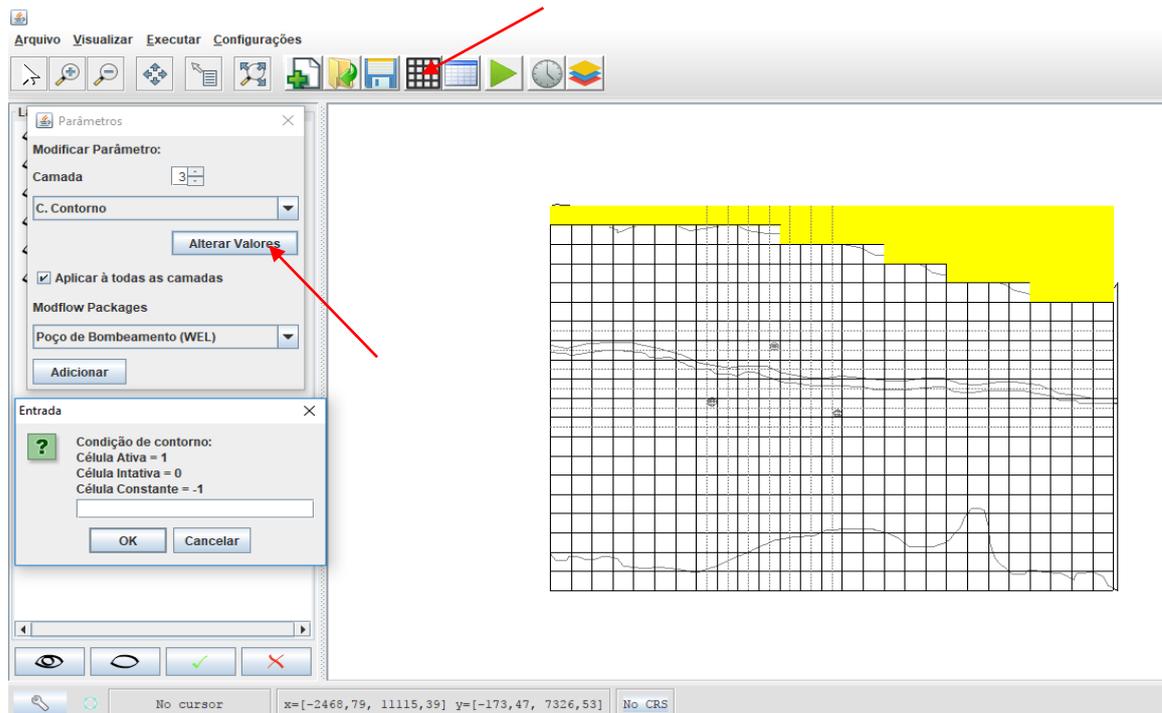


**8º Passo** - Clica-se em “Alterar vista para condição de contorno”, para relatar as condições de carga em cada célula da malha criada.

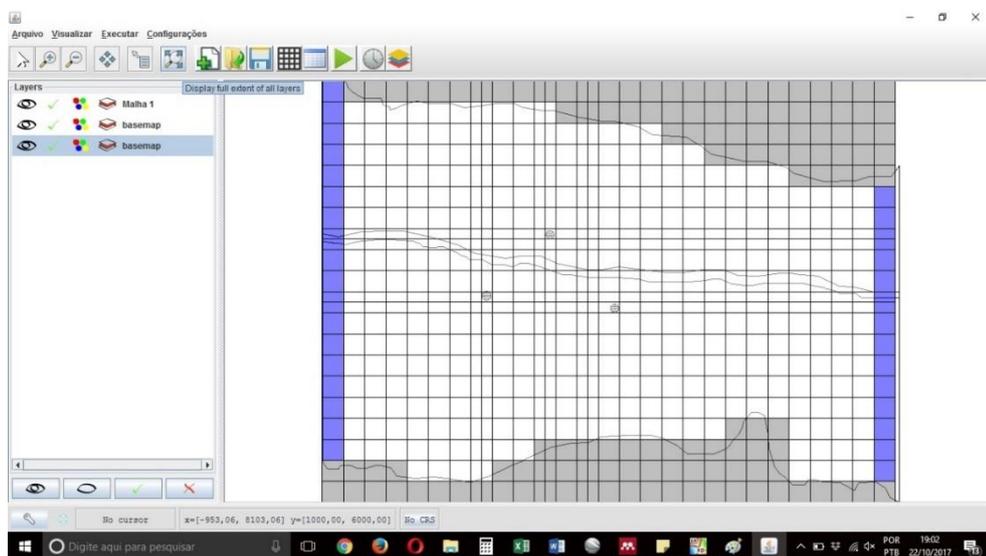
**9º Passo** – Com a janela dos parâmetros abertos, selecionar com o mouse as células que representam as formações graníticas em Norte e Sul e clicar em “alterar valores” para defini-las com o valor 0, que denota célula inativa.

Para as condições de contorno Oeste e Leste que representarão a distribuição de carga hidráulica no caminhamento fictício do Rio, que receberão o diferencial de carga, será atribuído valor de -1.

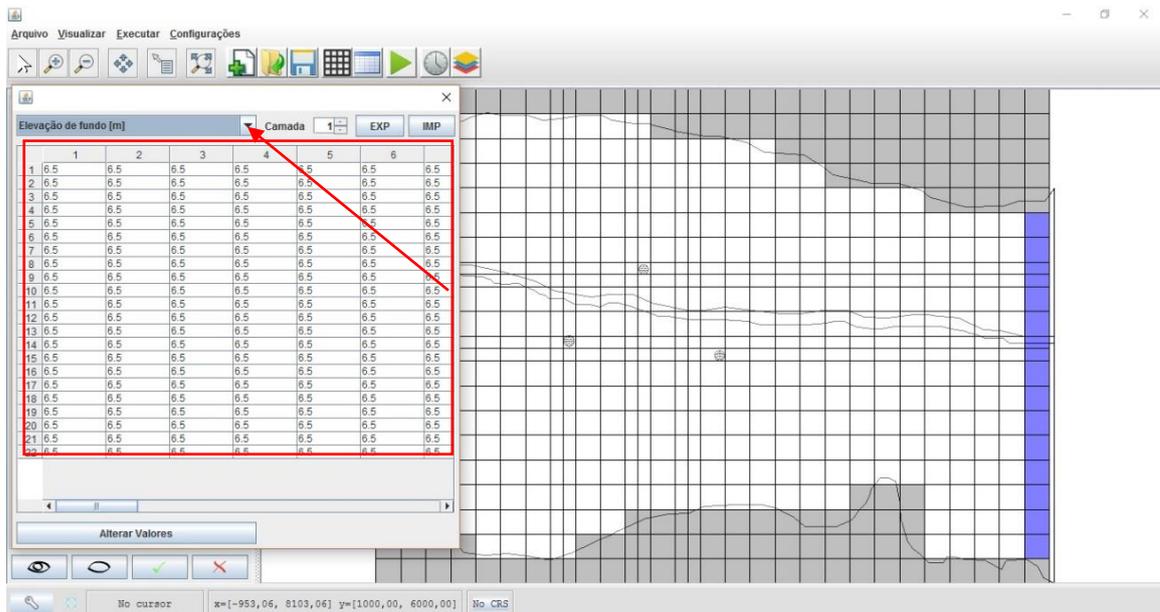
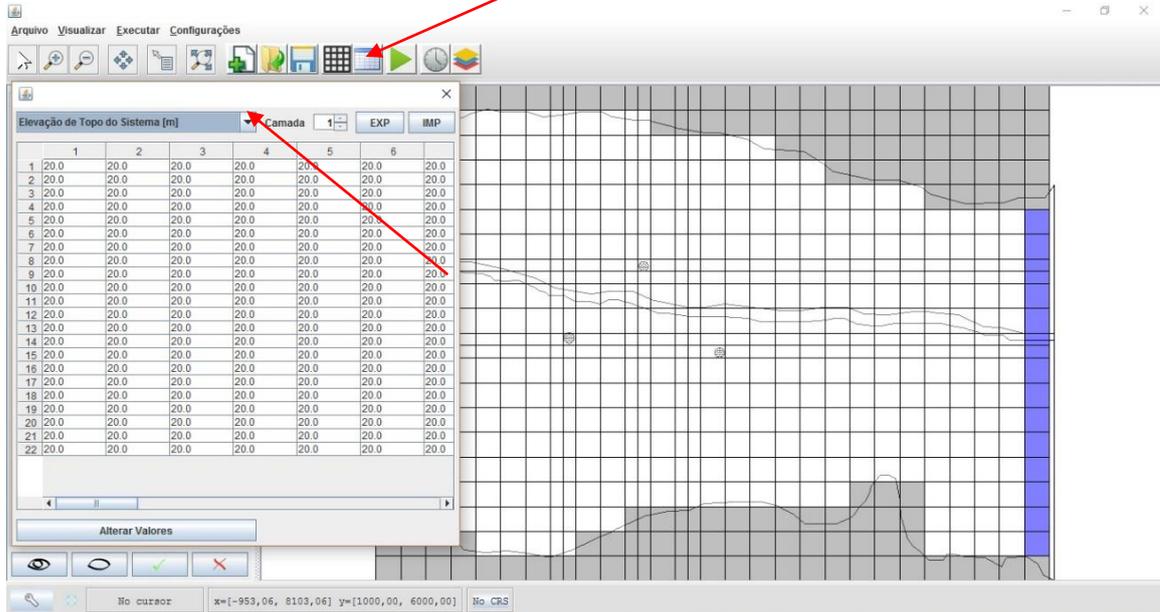
As demais células não serão alteradas e devem ser deixadas com o valor *default* de 1, denotando células ativas.



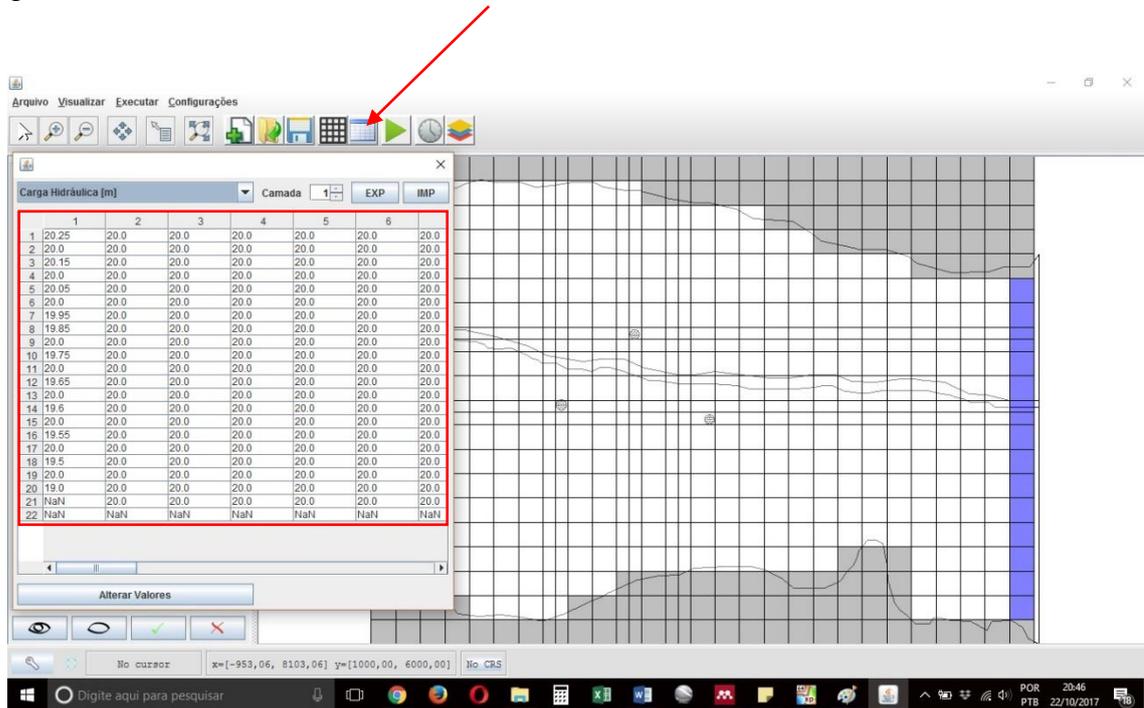
**10º Passo** - O resultado da inserção dos valores é mostrado na imagem abaixo.



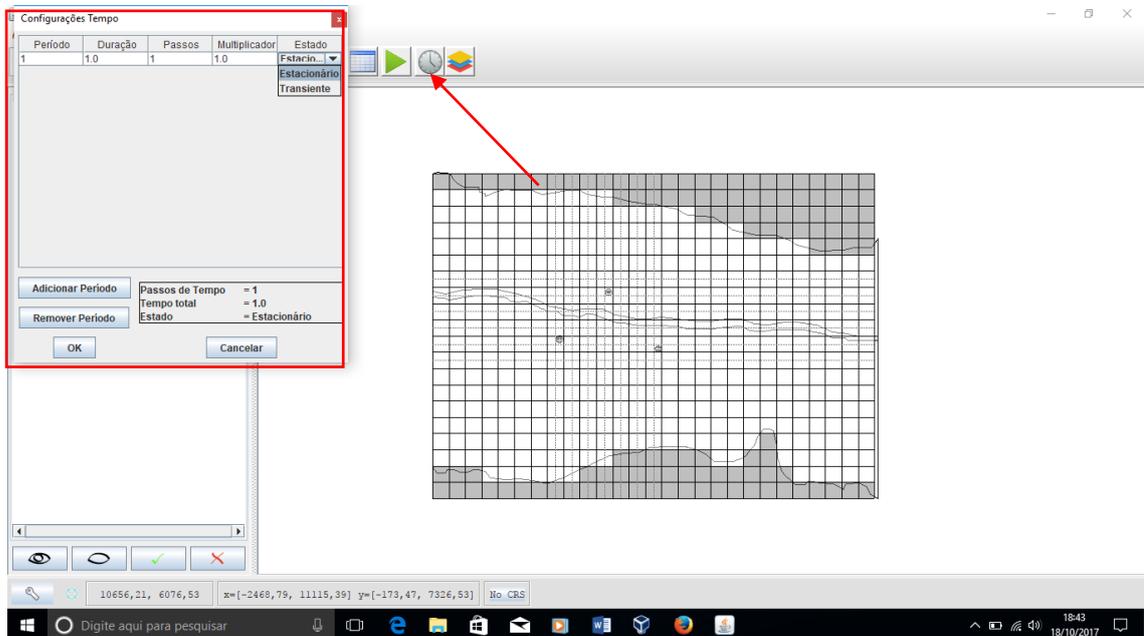
**11º Passo** - Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos”. Para inserção de dados de cota de fundo e topo, clica-se na seta *drop down list* e seleciona-se respectivamente “Elevação de Topo do Sistema” e “Elevação de Fundo”. A matriz representa atributos numéricos de cada célula criada na malha (modelo físico) do sistema. A imagem abaixo mostra a disposição de dados para cada elevação. Os dados topográficos encontram-se anexos a este relatório.



**12º Passo** - Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos”, visando a inserção dos dados de Carga Hidráulica do Sistema. Os dados de Carga Hidráulica foram replicados do PMWIN e basicamente representam o caminhamento do Rio ao longo dos poços. Os dados de entrada das cargas hidráulicas iniciais encontram-se em anexo neste manual.



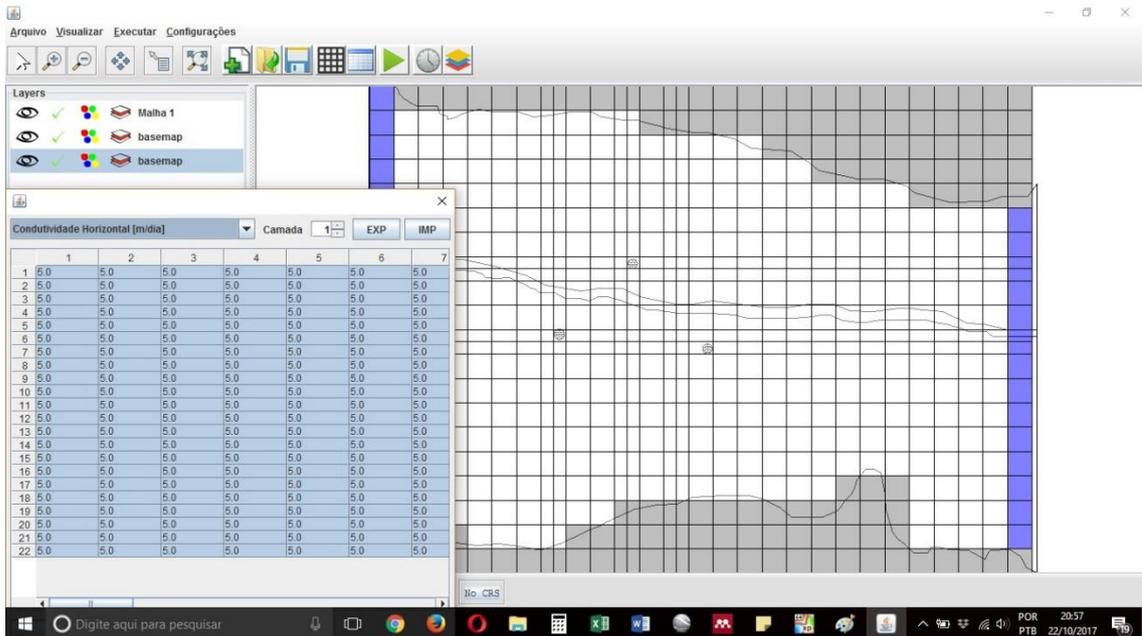
**13º Passo** - Clica-se em “Configurar as opções de tempo da simulação”, sendo importante para informar o estado da simulação estacionário. Clica-se em “ok”



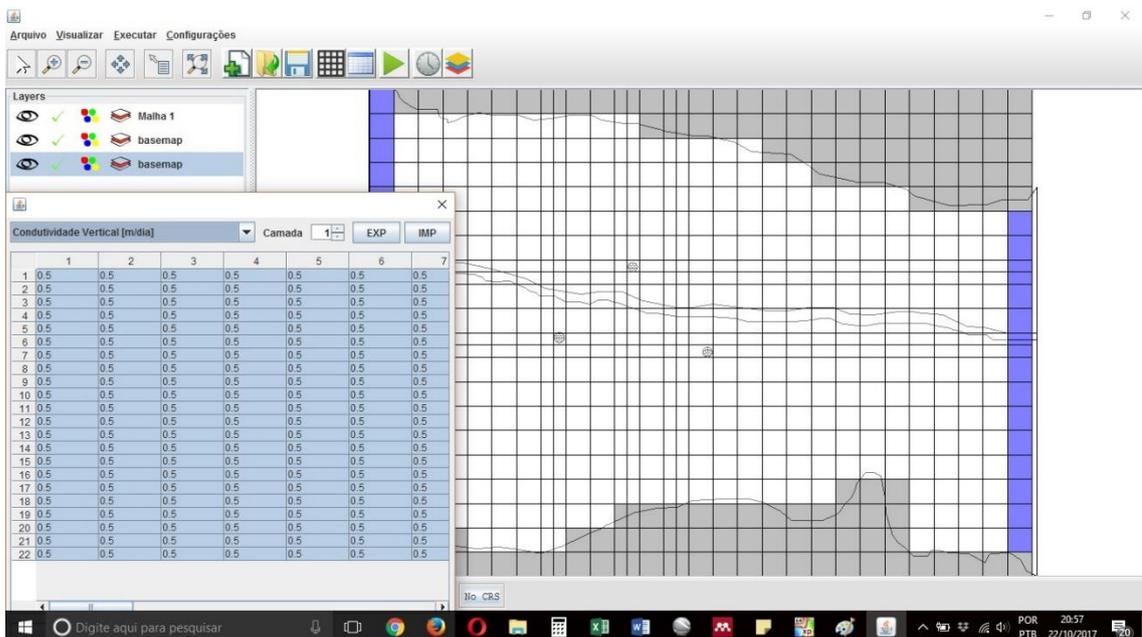
**15º Passo** - Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos”, visando a inserção dos dados de Condutividade hidráulica horizontal do Rio de 5m/dia.

**OBS1:** Para alterar mais de 1 célula por vez selecionar todas as desejadas, e em seguida clicar em “Alterar valores” para definir o novo valor das células.

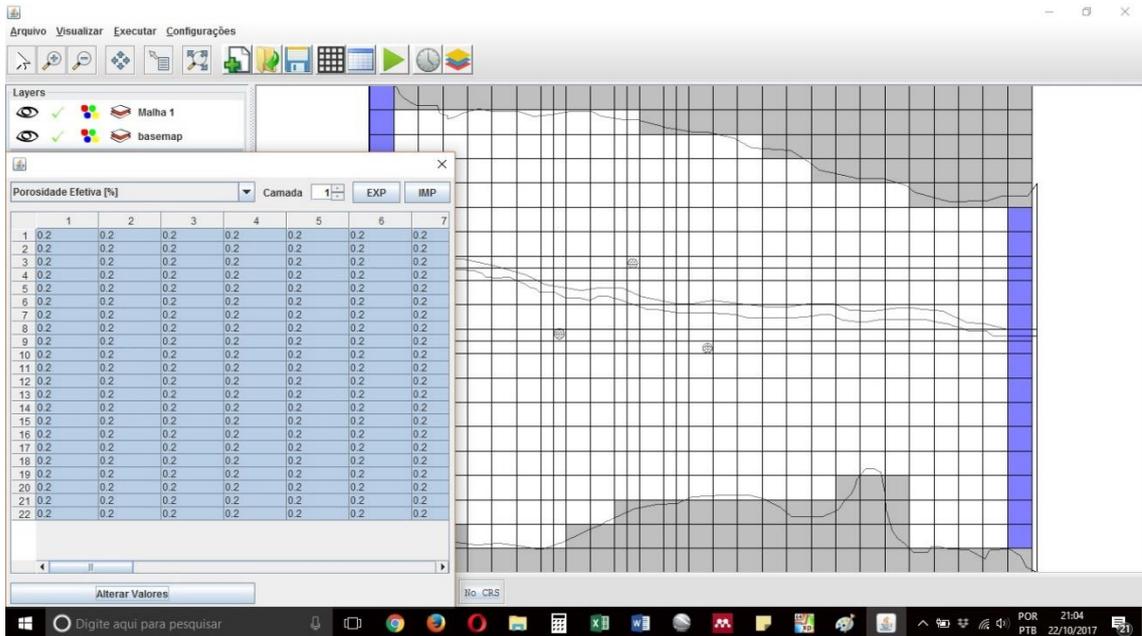
**OBS2:** Caso os dados default do programa não estejam nas unidades desejadas, selecionar “Configurações” na barra superior e a opção “Default” para alterá-las.



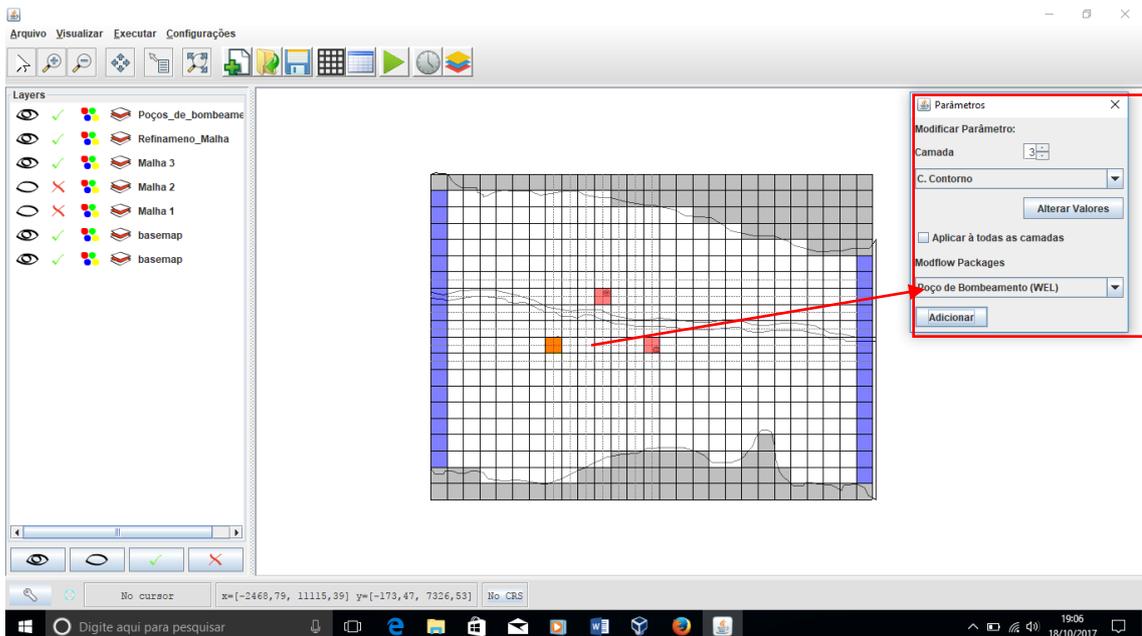
**16º Passo** - Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos”, visando a inserção dos dados de Condutividade hidráulica vertical.



**17º Passo** - Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos”, visando a inserção dos dados de Porosidade Efetiva.

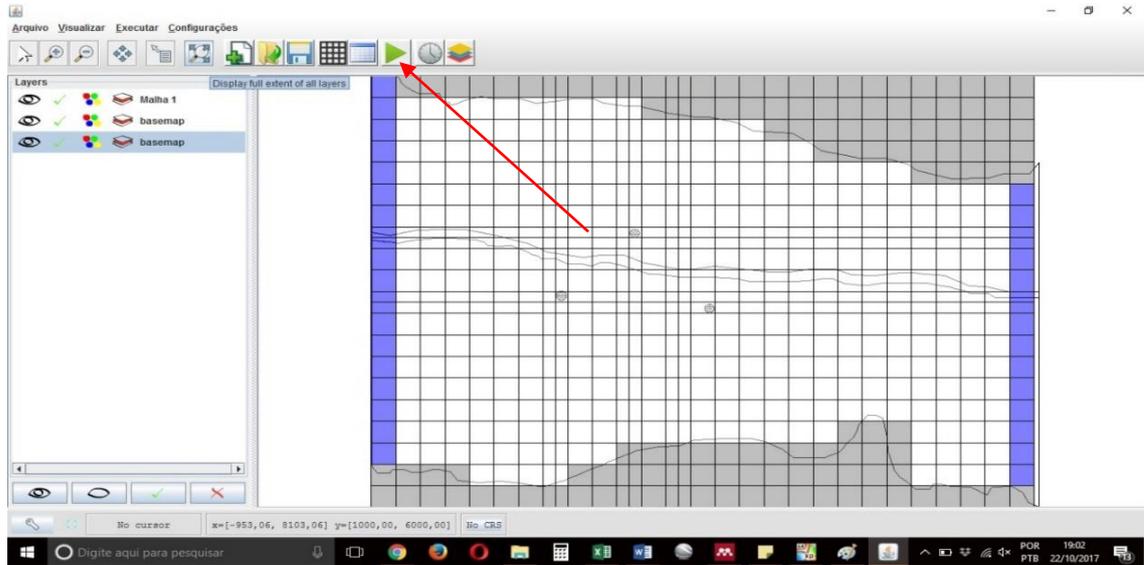


**18º Passo** - Clica-se em “Alterar vista para condição de contorno”, para adicionar o poço. Entrar com o valor do bombeamento de  $-500\text{m}^3/\text{dia}$  em cada uma das 3 células que contém os poços.



**19º Passo** – Salvar o trabalho através do menu “Arquivo” e “Salvar” ou pelo atalho CTRL+S. É importante salvar o arquivo em um diretório com endereço curto e sem caracteres. Recomenda-se abrir uma pasta no diretório *Desktop* (área de trabalho) e salvar com o nome curto.

**20º Passo** - Clica-se no atalho “Executar simulação no Modflow 2005”, na seta verde, conforme mostrado na Figura 19. Nesse momento é feita a solicitação para indicação em um diretório para salvar os arquivos de simulação (arquivos txt.). A recomendação do passo anterior ainda vale para este passo: Diretório curto e nomeações curto e sem caracteres especiais.



Os resultados podem ser visualizados clicando-se no mesmo ícone utilizado para inserção de dados: “Alterar Vista para tabela de atributos”. Selecionando-se a seta *drop down list* para “Carga Hidráulica”. Nesse momento é possível visualizar a mudança e o fluxo de cargas na matriz.

Para exportar o arquivo .txt com os valores das matrizes, selecionar a tabela de atributos desejada e clicar na opção “EXP”.

Os resultados encontram-se nos anexos I a V deste manual.

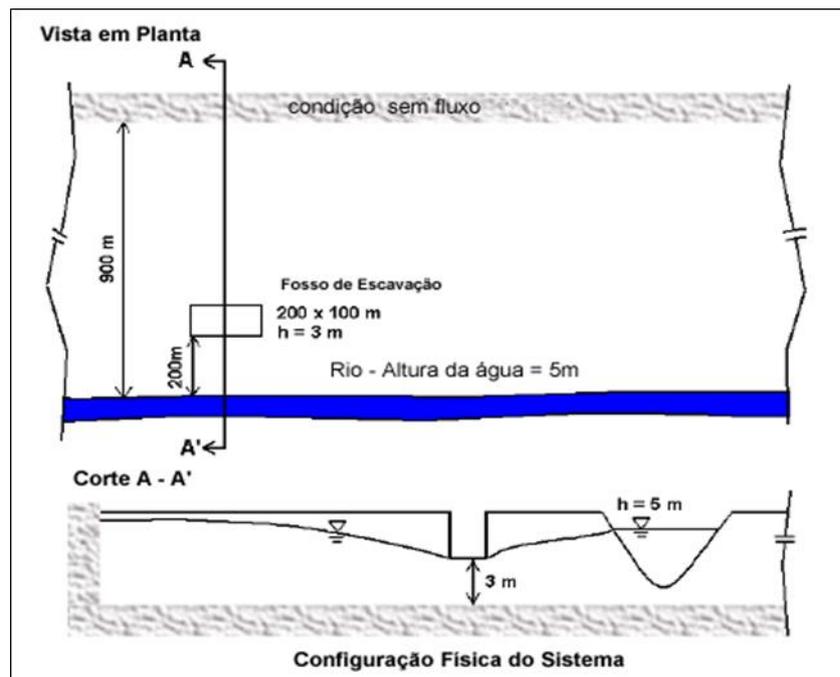
### 3 PROBLEMA DO INFLUXO DE ÁGUA EM UM FOSSO DE ESCAVAÇÃO

Seguem os dados (tabela 3) e a figura representativa do problema proposto (figura 3).

**Tabela 3 – Dados do problema 3.**

Descrição	Valor
Largura	100 m
Comprimento	200 m
Condutividade hidráulica horizontal	0.001 m/s
Porosidade	0.15
Base do aquífero	0 m
Elevação da água no rio	5 m (acima da base do aquífero)
Base da escavação	3 m (acima da base do aquífero)
Recarga de água subterrânea	$6.0 \times 10^{-9} \text{ (m}^3\text{/s)/m}^2$
Elevação do topo do aquífero	7.0 m
Número de camadas	1
Tipo de aquífero	Não confinado
Regime	Permanente

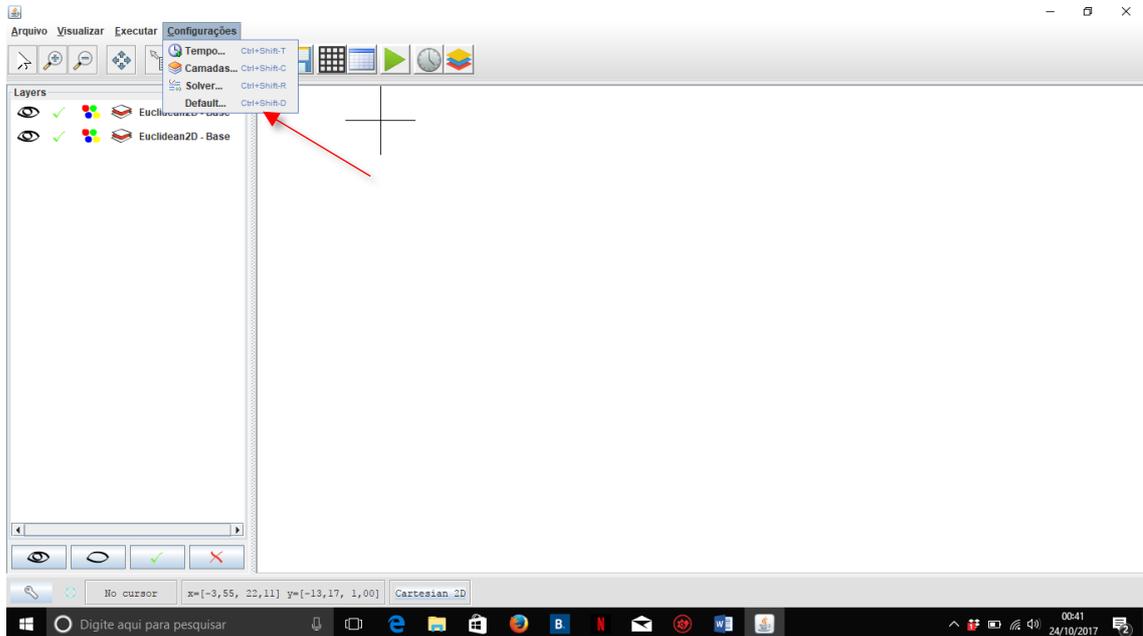
**Figura 3 – Figura representativa do problema 3.**



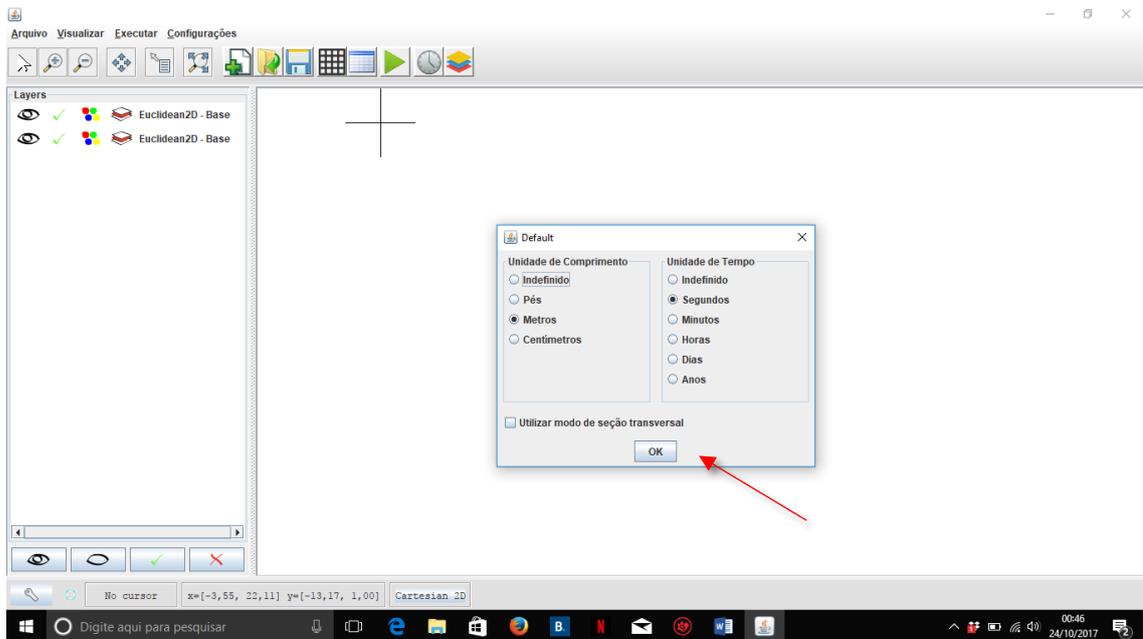
## O passo-a-passo do problema no UFCFLOW

**1º Passo** – Abrir o software “C:/ UFC Flow/ ufcflow”;

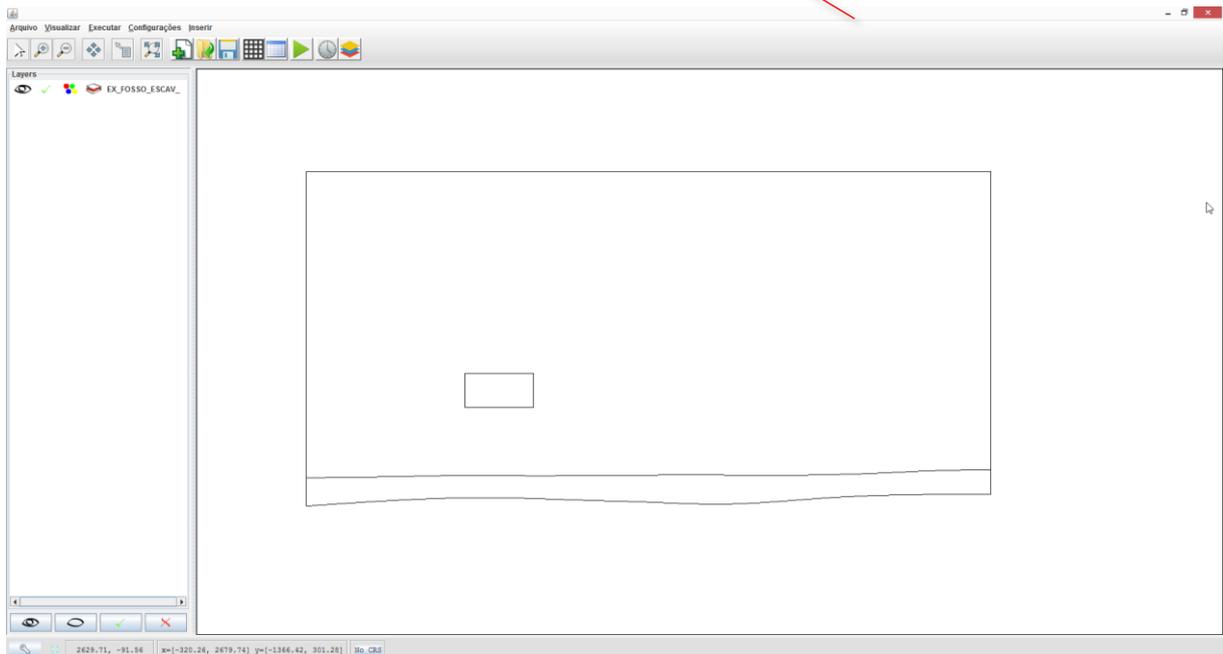
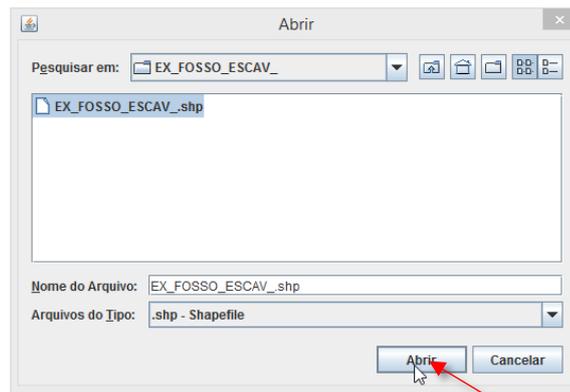
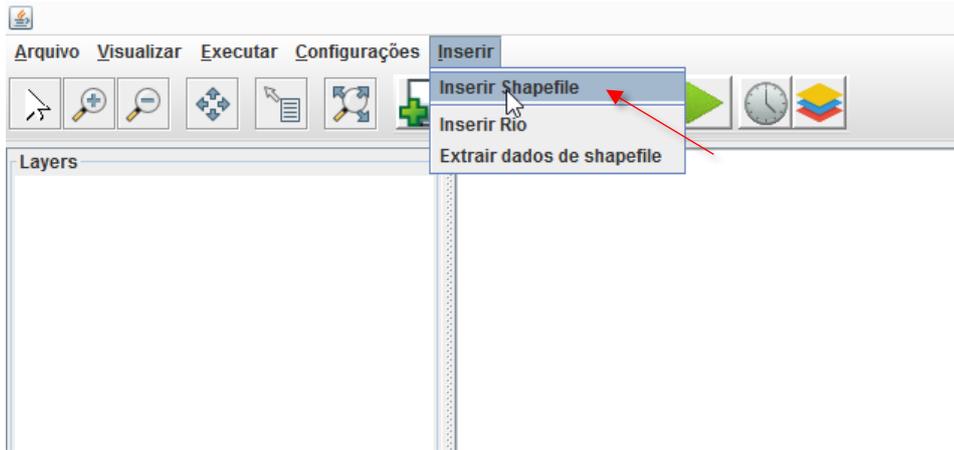
**2º Passo** – Após a abertura da tela, clica-se em “Configurações/Default”, para configurar as unidades a serem trabalhadas.



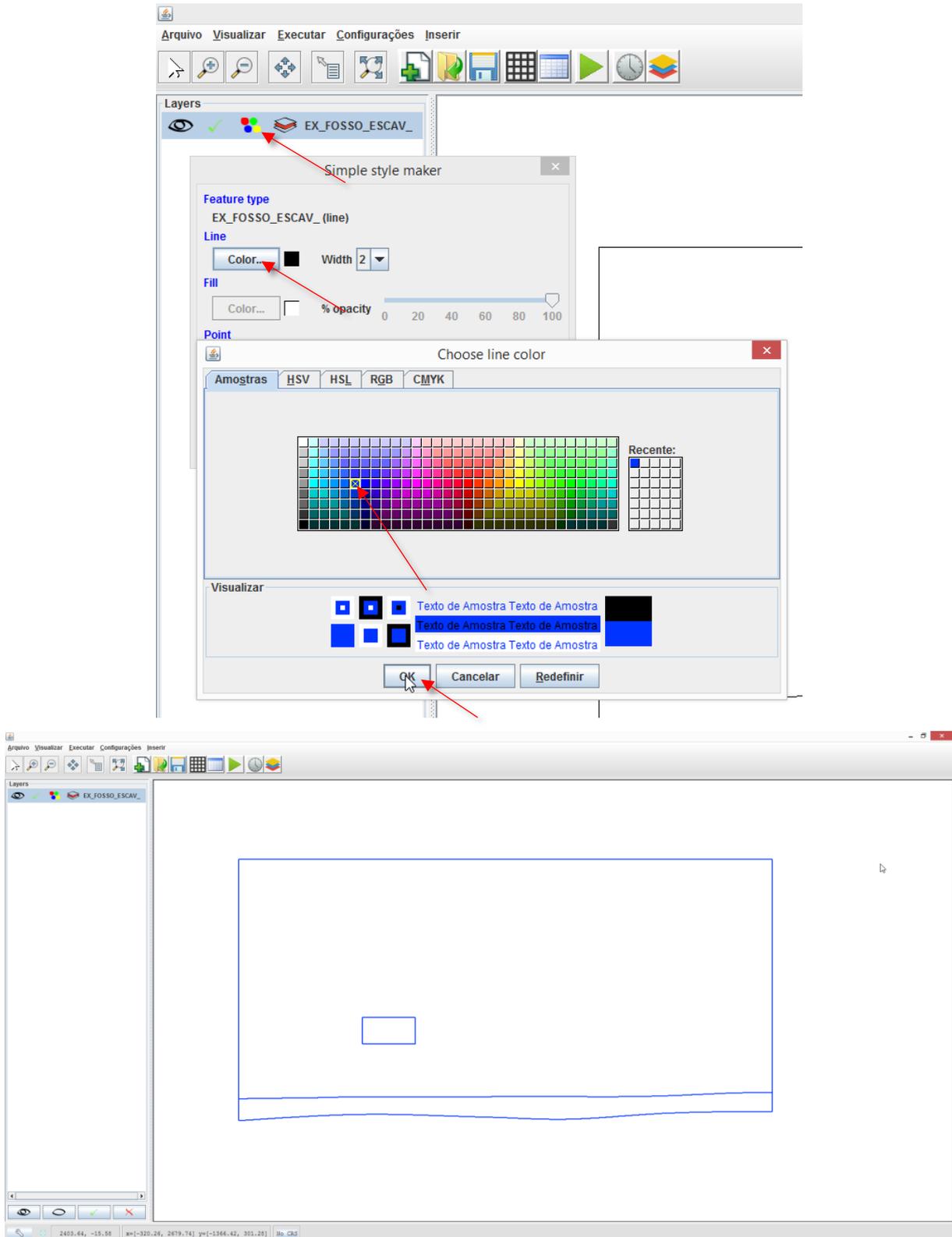
**3º Passo** – Na nova janela, escolhe-se a configuração desejada e clica-se em OK.



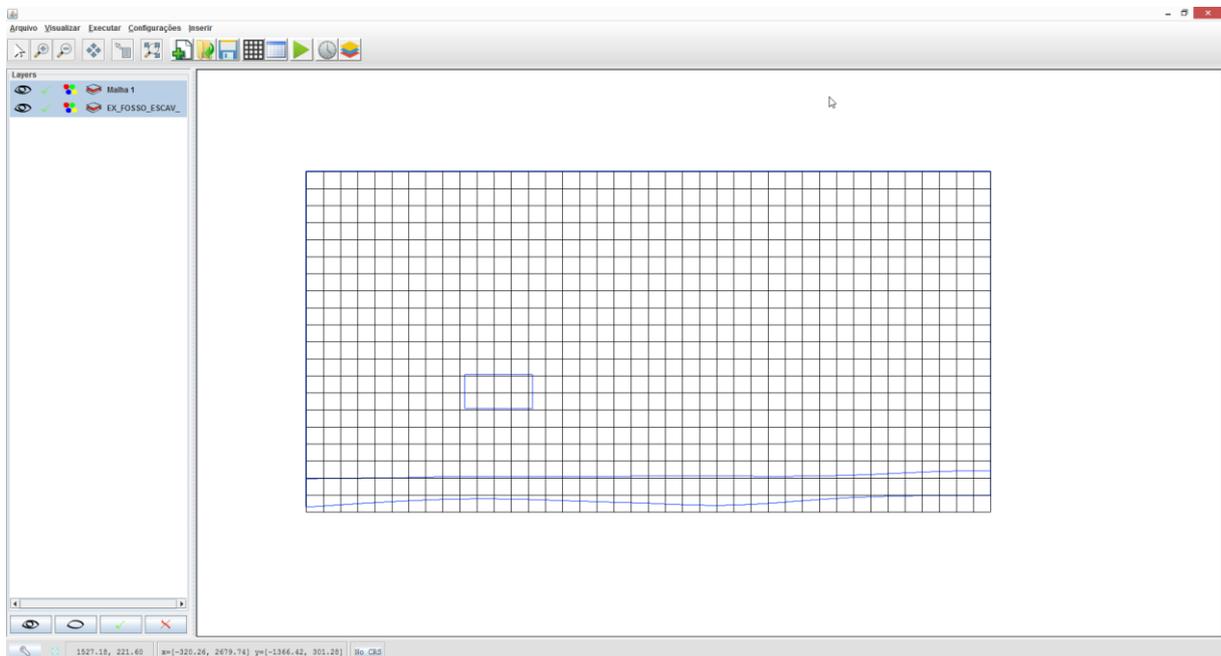
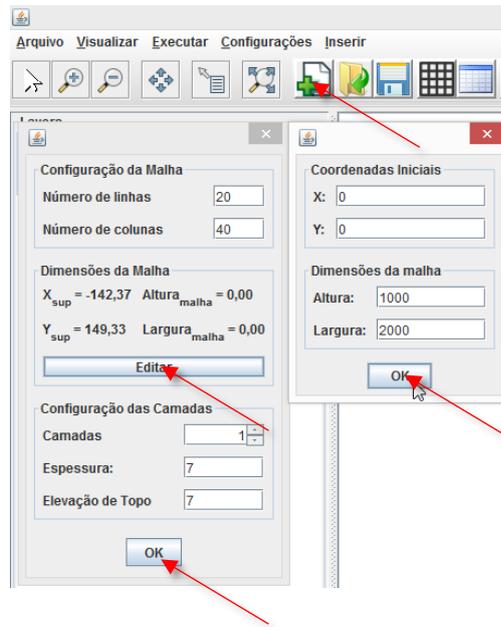
**4º Passo** – Importa-se o shape file que contém a representação geométrica do problema.



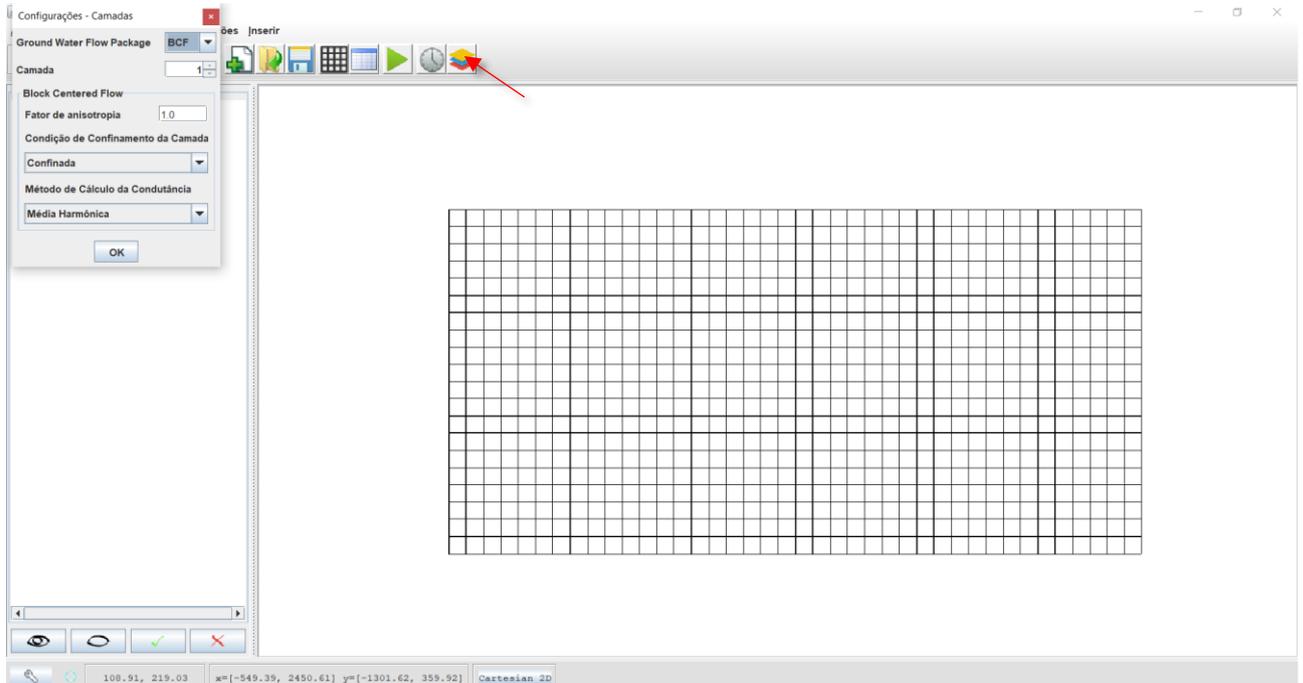
5º Passo – Altere a cor da representação do shape file clicando na sequência de etapas a seguir.



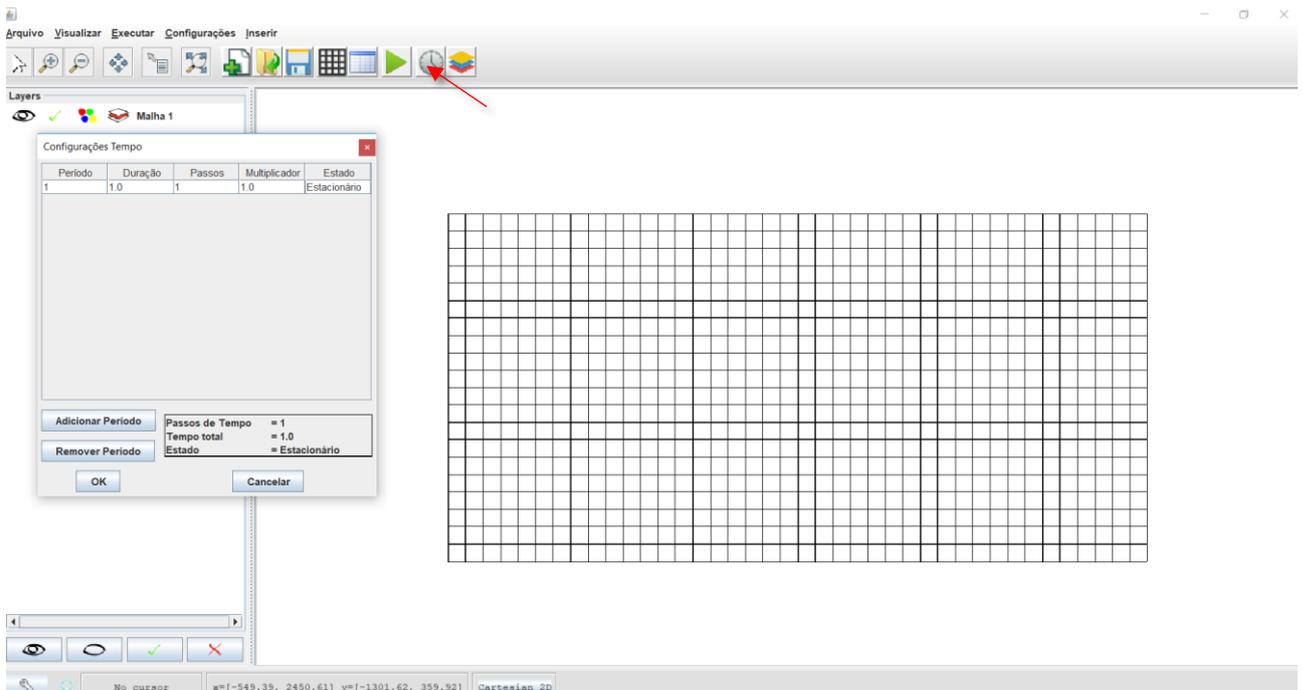
**6º Passo** – Clica-se em “Criar novo”, clique sobre o desenho do shape file e aparecerá uma janela onde serão colocados os valores referentes ao grid que será construído.



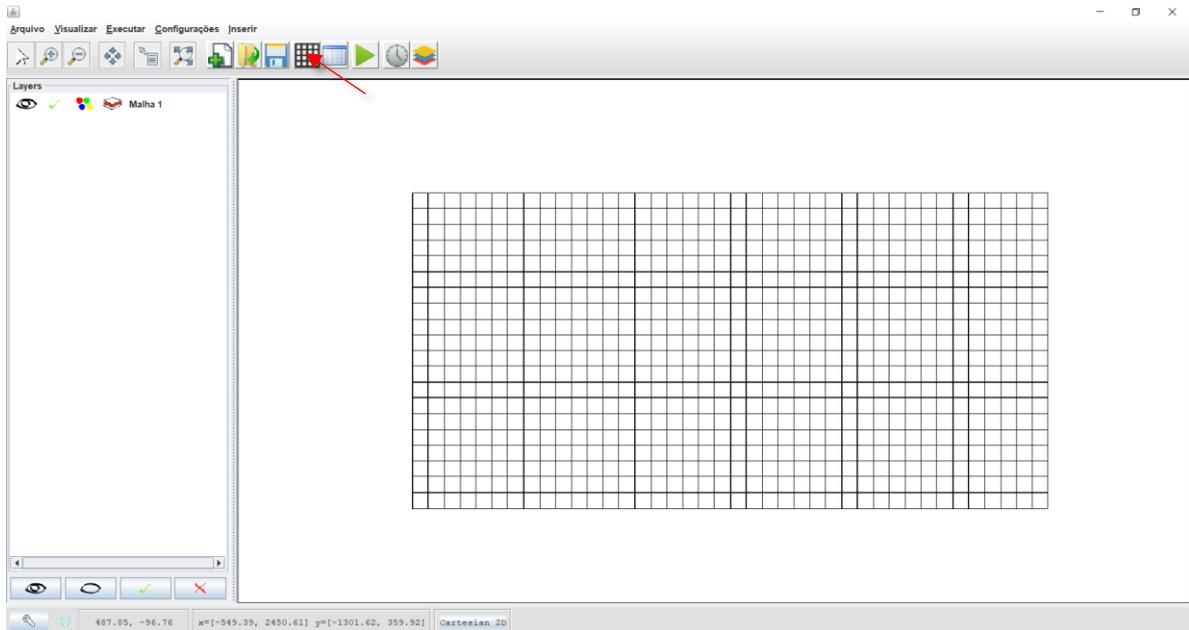
**7º Passo** – Clica-se em “Configurar as condições de fluxo nas camadas”, para configurar a camada



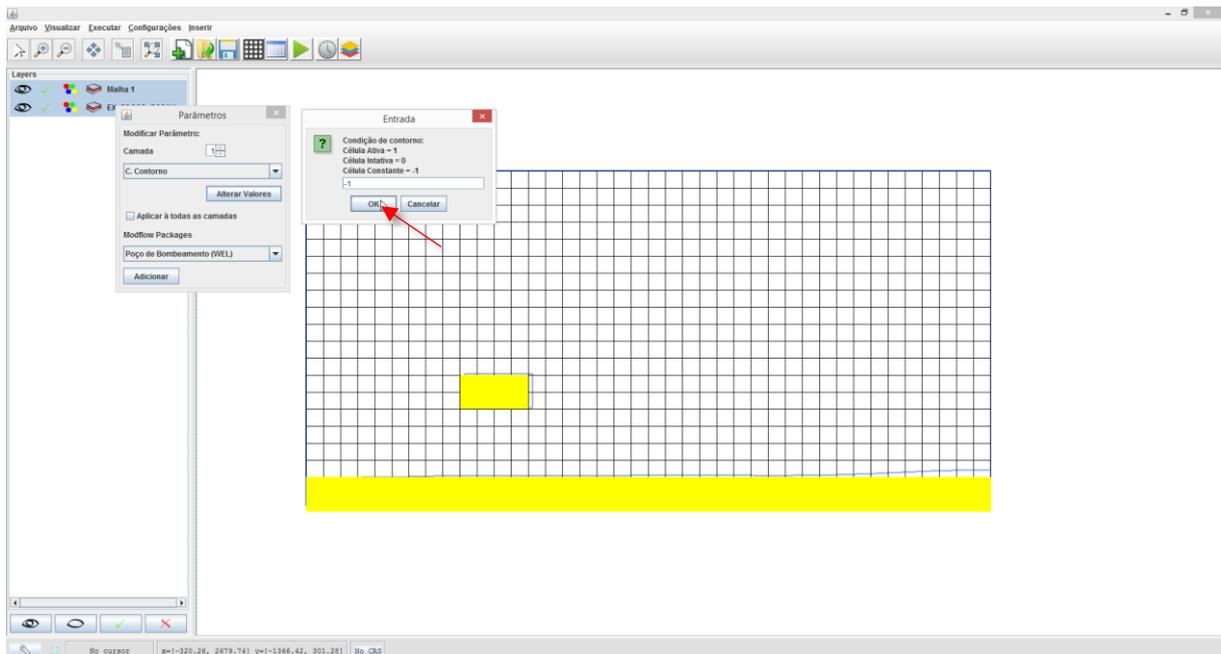
**8º Passo** – Clica-se em “Configurar as opções de tempo da simulação”, para escolha do regime do fluido e seus tempos de simulação

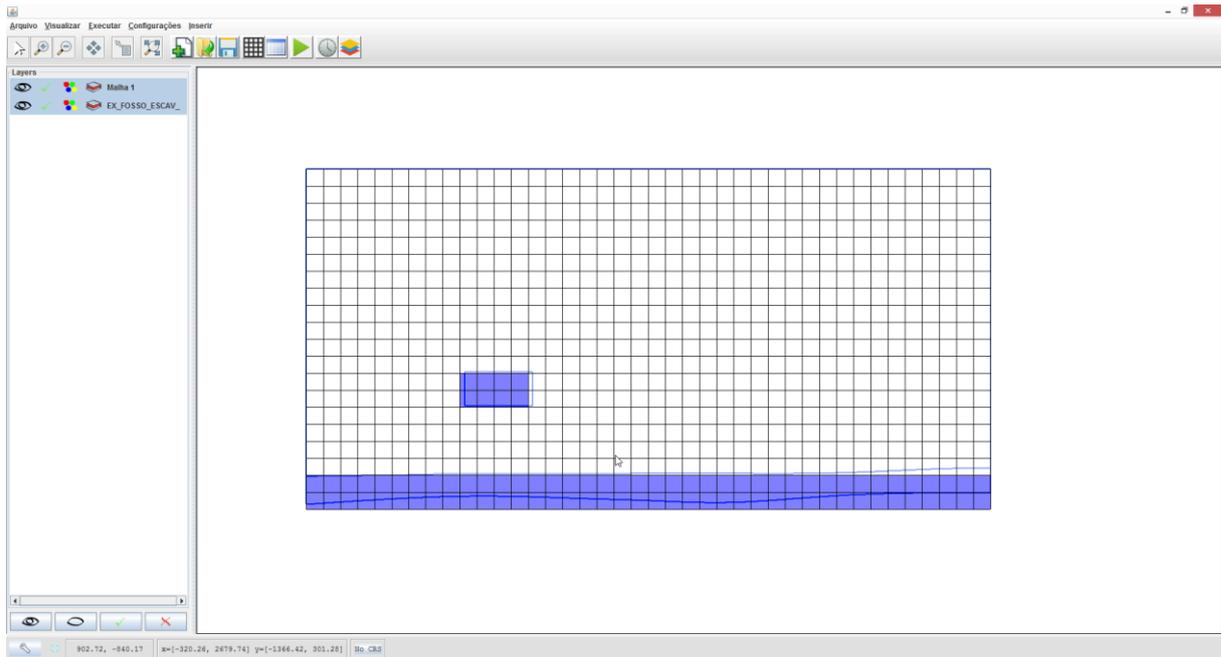


**9º Passo** – Clica-se “Alterar vista para condição de contorno”, para inserir elementos envolvidos no problema

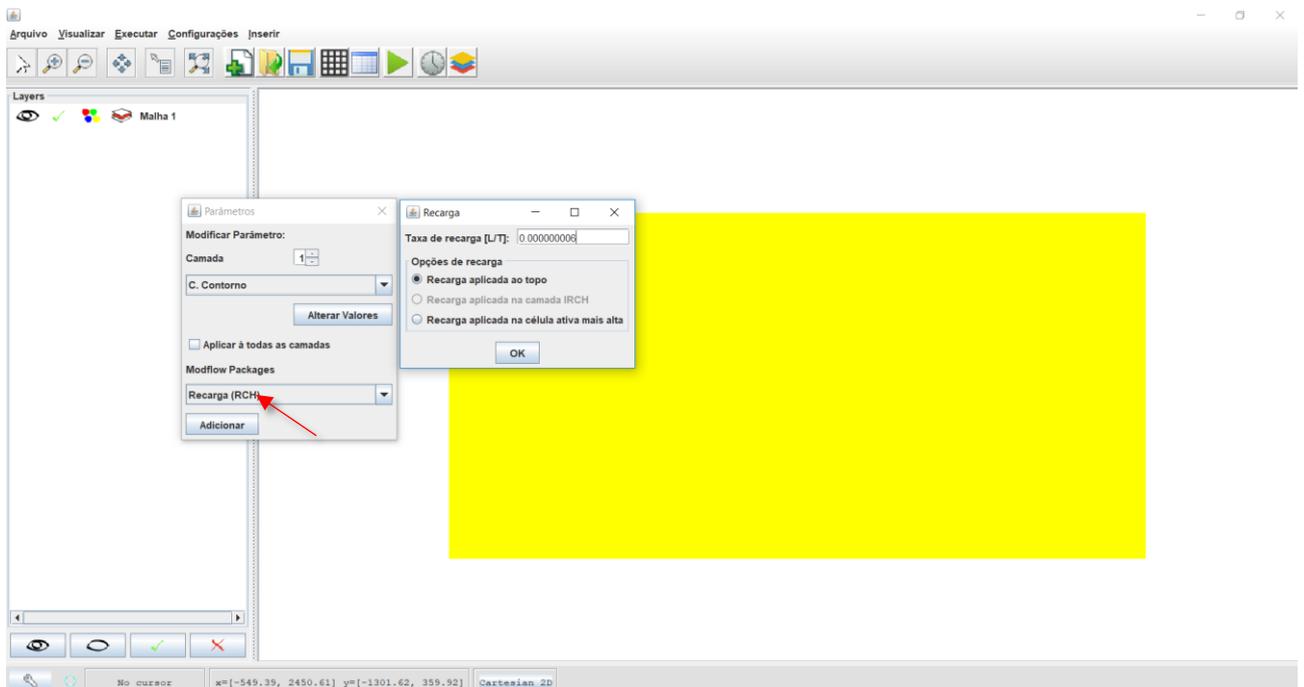


**10º Passo** – Clica-se nas células correspondentes ao rio e ao poço, posteriormente clica-se em alterar valores, escolha o valor de -1 e clique em OK. (Clicar e arrastar, segurando Ctrl para somar grupos de células)

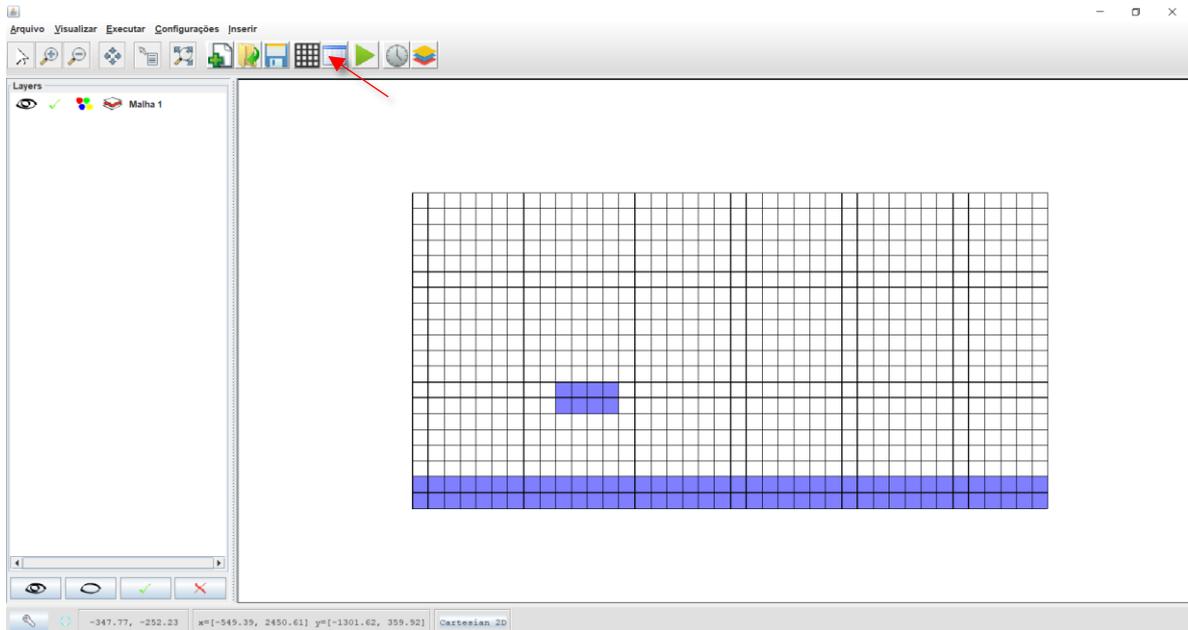




**11º Passo** – Selecione todas as células da grade e clique em “Recarga” para inserir a recarga do aquífero.



**12º Passo** – Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos” para modificar alguns atributos do poço e do rio.



**13º Passo** – Altere a elevação de topo inserindo o valor 5 para as células correspondentes ao rio e 3 para as células correspondentes ao fosso. (Clique e arraste para selecionar mais de uma célula).

The screenshot shows a software window titled 'Elevação de Topo do Sistema [m]'. It has a dropdown menu for 'Camada' set to '1', and buttons for 'EXP' and 'IMP'. Below is a table with 20 rows and 8 columns. The first 12 columns are labeled 9, 10, 11, 12, 13, 14, and the last column is unlabeled. The table contains numerical values representing elevation. A red arrow points to the 'Camada' dropdown menu.

	9	10	11	12	13	14	
1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
3	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
6	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
8	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
10	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
11	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
12	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
13	7.0	3.0	3.0	3.0	3.0	7.0	7.0
14	7.0	3.0	3.0	3.0	3.0	7.0	7.0
15	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
16	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
17	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
18	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
19	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
20	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

At the bottom of the window is a button labeled 'Alterar Valores'.

**14° Passo** – Altere para a aba de “Elevação de fundo” e preencha com 0 todas as células.

	7	8	9	10	11	12
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**15° Passo** – Na aba de “Carga hidráulica”, insira 5 para as células dos rios e 3 para as demais células.

	1	2	3	4	5	6
1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
4	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
6	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
7	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
10	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
11	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
12	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
13	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
14	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
15	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
16	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
17	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
18	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
19	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
20	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

16º Passo – Em “Condutividade horizontal”, preencher com o valor 0.001

Condutividade Horizontal [m/s] Camada 1 EXP IMP

	1	2	3	4	5	6	
1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
4	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
7	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
9	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
10	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
11	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
12	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
13	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
14	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
15	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
16	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
17	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
18	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
19	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Alterar Valores

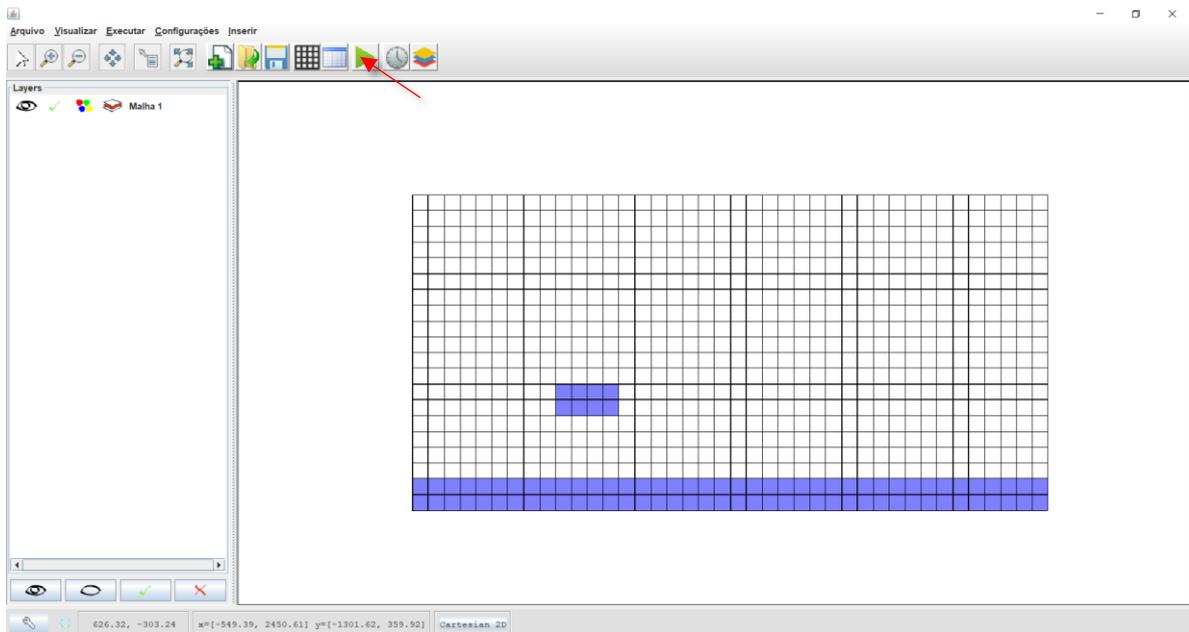
17º Passo – Em “Porosidade efetiva”, preencher com valor de 0.15

Porosidade Efetiva [%] Camada 1 EXP IMP

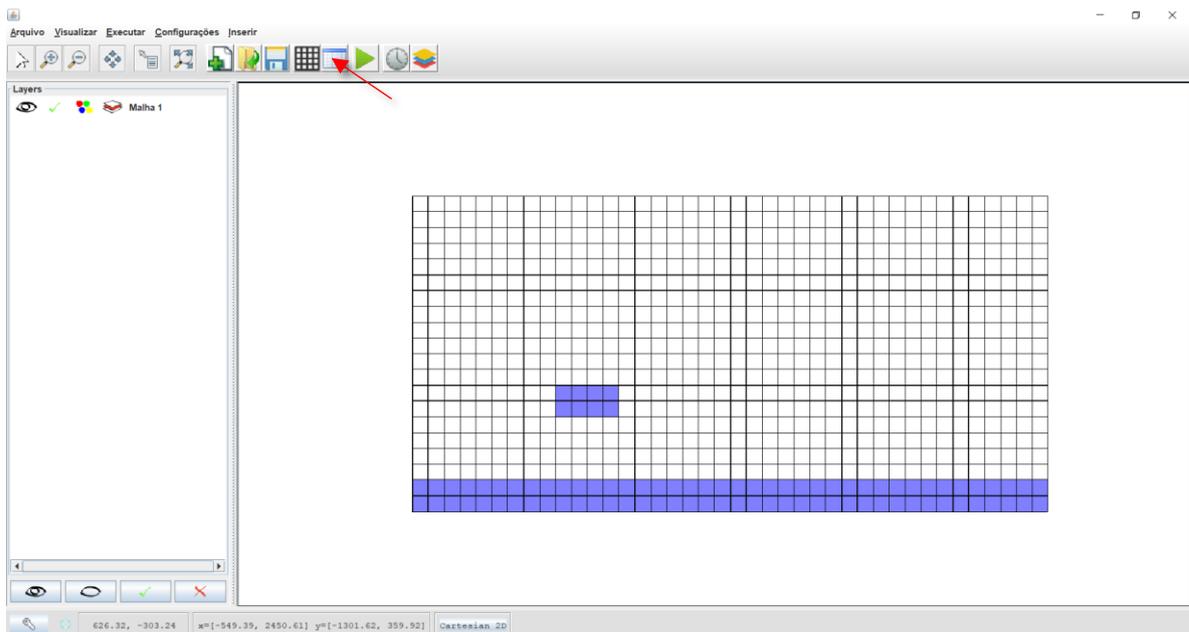
	1	2	3	4	5	6	
1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
4	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
5	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
6	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
7	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
8	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
9	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
11	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
12	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
13	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
17	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
18	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
19	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

Alterar Valores

**18º Passo** – Clique em “Executar simulação no Modflow” e salve em um diretório para executar a simulação.



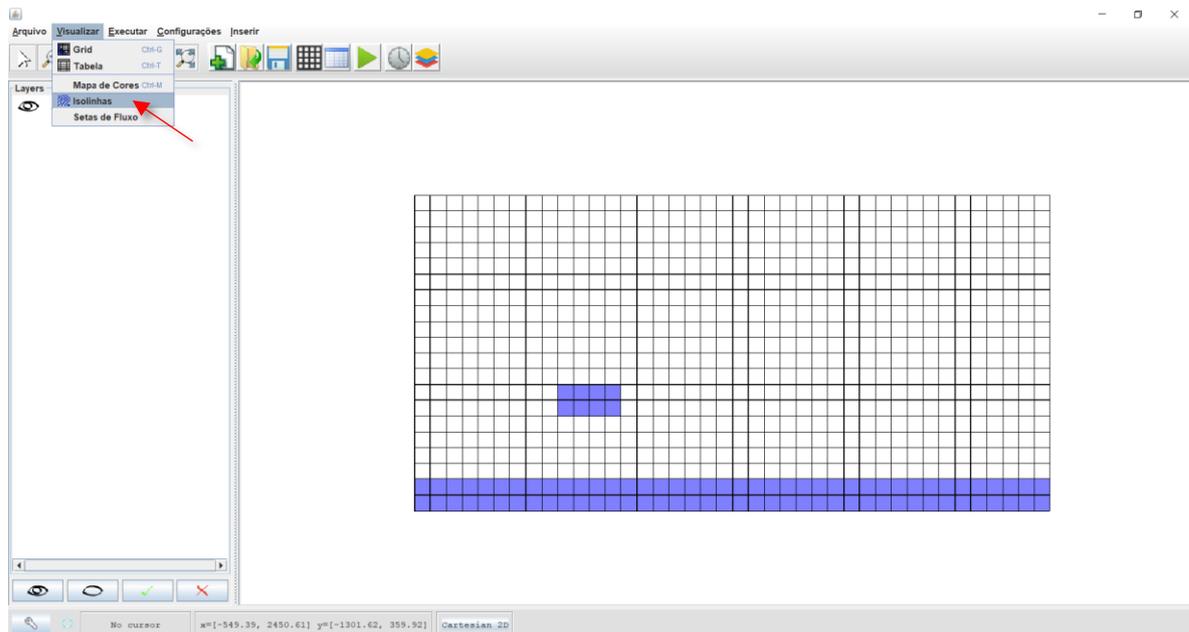
**19º Passo** – Clica-se em “Alterar vista para tabela de atributos”, para visualizar os valores das cargas do sistema, em seguida clica-se em “EXP/Salvar”, para exportar os valores no formato .txt.



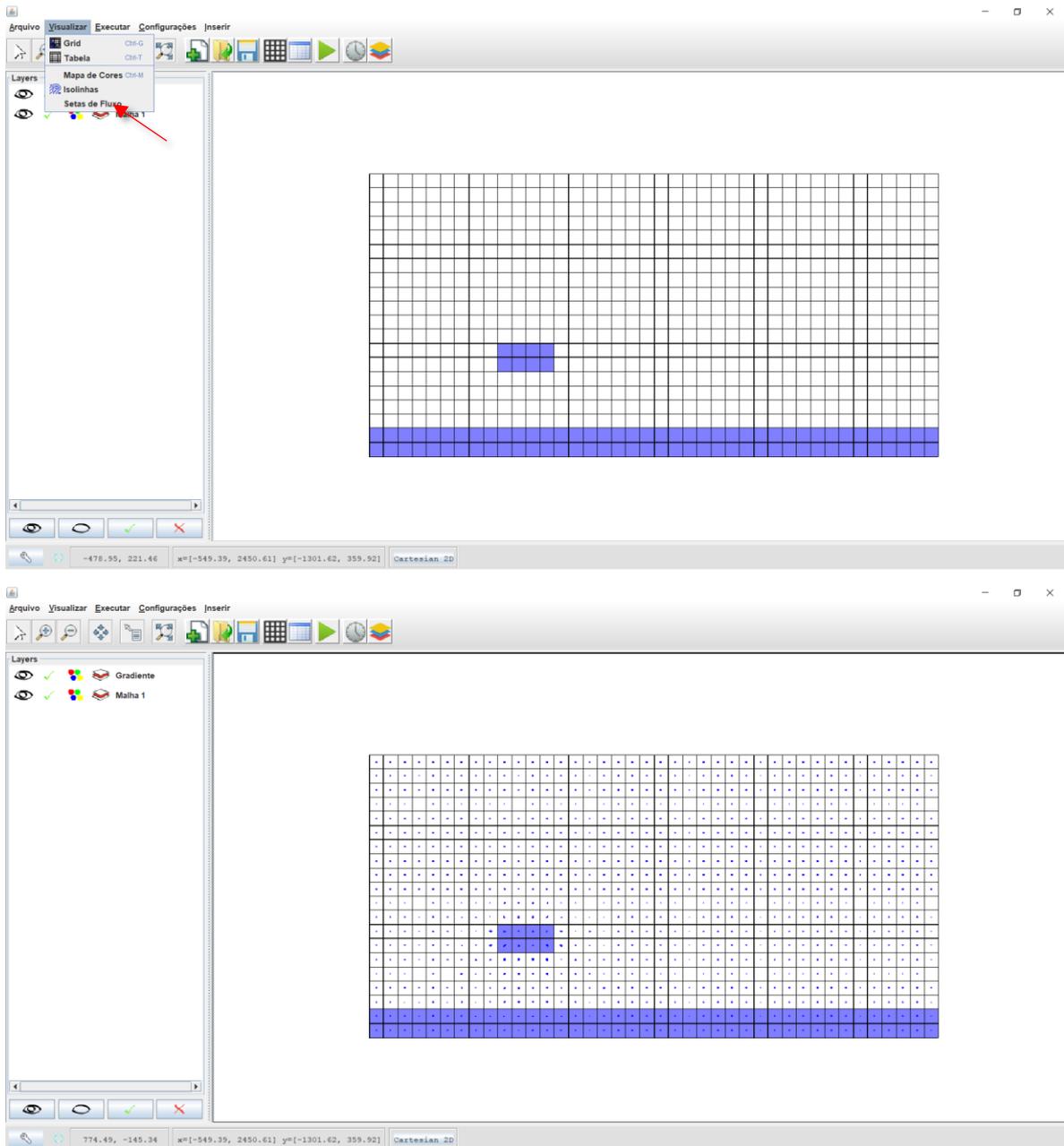
Carga Hidráulica [m]							
	1	2	3	4	5	6	
1	4.336	4.334	4.332	4.328	4.325	4.322	4.321
2	4.335	4.333	4.33	4.327	4.322	4.319	4.316
3	4.333	4.332	4.328	4.323	4.317	4.312	4.307
4	4.332	4.329	4.324	4.318	4.31	4.301	4.294
5	4.331	4.327	4.321	4.311	4.3	4.288	4.276
6	4.331	4.326	4.317	4.305	4.289	4.272	4.254
7	4.333	4.328	4.316	4.299	4.278	4.254	4.228
8	4.34	4.332	4.318	4.296	4.268	4.234	4.198
9	4.351	4.342	4.324	4.297	4.26	4.216	4.166
10	4.37	4.359	4.337	4.304	4.259	4.202	4.134
11	4.398	4.385	4.36	4.321	4.267	4.196	4.108
12	4.435	4.422	4.394	4.351	4.29	4.207	4.097
13	4.485	4.471	4.442	4.397	4.332	4.241	4.117
14	4.545	4.532	4.505	4.46	4.397	4.308	4.185
15	4.618	4.606	4.581	4.542	4.485	4.407	4.303
16	4.7	4.69	4.67	4.638	4.592	4.531	4.453
17	4.789	4.782	4.768	4.745	4.713	4.671	4.616
18	4.884	4.88	4.872	4.859	4.842	4.819	4.791
19	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
20	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

Alterar Valores

**20º Passo** – Clica-se em “Isolinhas”, para visualizar as linhas de fluxo de carga do sistema



**21º Passo** – Clica-se em “Setas de fluxo”, para visualizar as setas de fluxo do sistema



Problema resolvido, podendo-se visualizar os valores de Carga Hidráulica e o seu comportamento. Entretanto, para obter-se essa visualização deve-se utilizar o software Gnuplot.

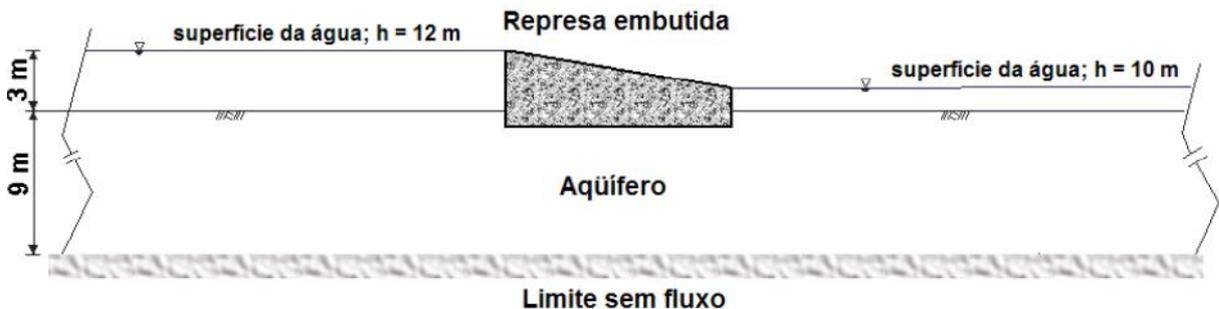
## 4 ESCOAMENTO ATRAVÉS DA FUNDAÇÃO DE UMA BARRAGEM DE CONCRETO

Seguem os dados (tabela 4) e a figura representativa do problema proposto (figura 4).

**Tabela 4** – Dados do problema 4.

Descrição	Valor
Largura da barragem	13 m
Condutividade hidráulica horizontal	0.0005 m/s
Porosidade	0.15
Base do aquífero	0 m
Elevação de topo do aquífero a montante	12 m
Elevação do topo do aquífero a jusante	10 m
Número de camadas	1
Tipo de aquífero	Confinado
Regime	Permanente

**Figura 4** – Vista em corte da represa e do aquífero.



### Descrição do problema proposto

Calcular a rede de fluxo e o escoamento sob uma barragem, para dois casos:

- 1) o aquífero é isotrópico
- 2) o aquífero é anisotrópico com fator de anisotropia de 0,2.

A represa é impermeável de 13 metros de largura e parcialmente encaixada no aquífero em estudo, que é confinado, suposto homogêneo e de condutividade hidráulica de 0,0005m/s e porosidade de 0,15. A camada impermeável (limite sem fluxo) encontra-se a 9 m da superfície. A lâmina de água montante é 3 metros e a jusante 1 metro.

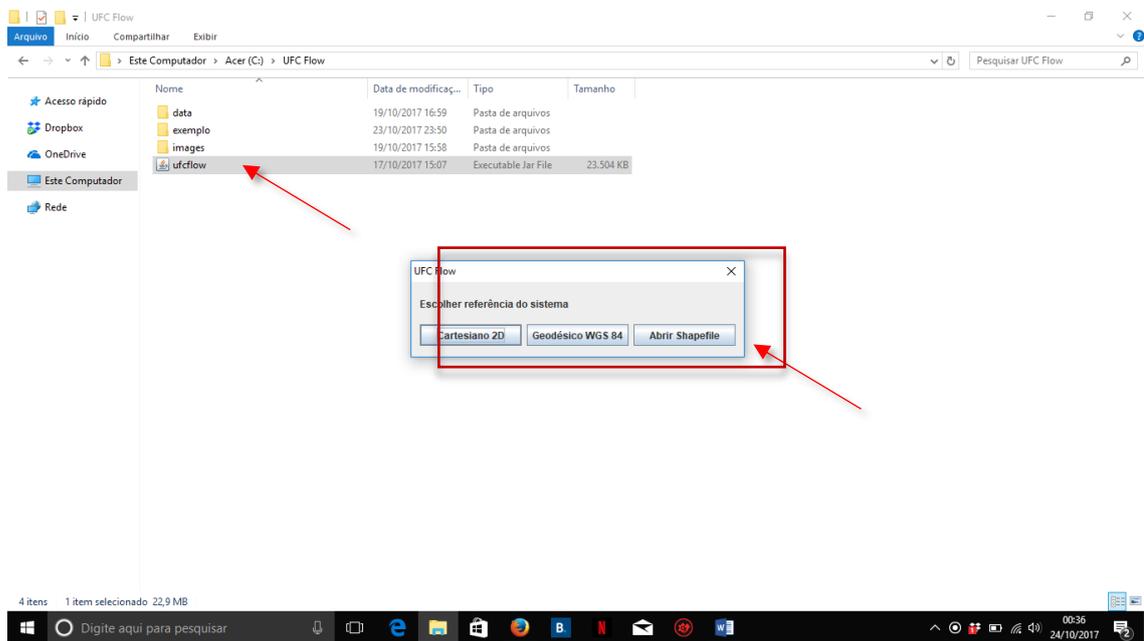
Deve ser feito a análise para uma seção transversal qualquer da barragem. No problema, a análise será feita numa largura de 65 metros, embora esse número seja apenas arbitrário. Quanto maior ele, mais preciso será. Mas um valor como 65 foi considerado suficiente para o

problema. A distribuição de carga e fluxo das linhas devem considerar uma seção transversal vertical de 1 metro de espessura.

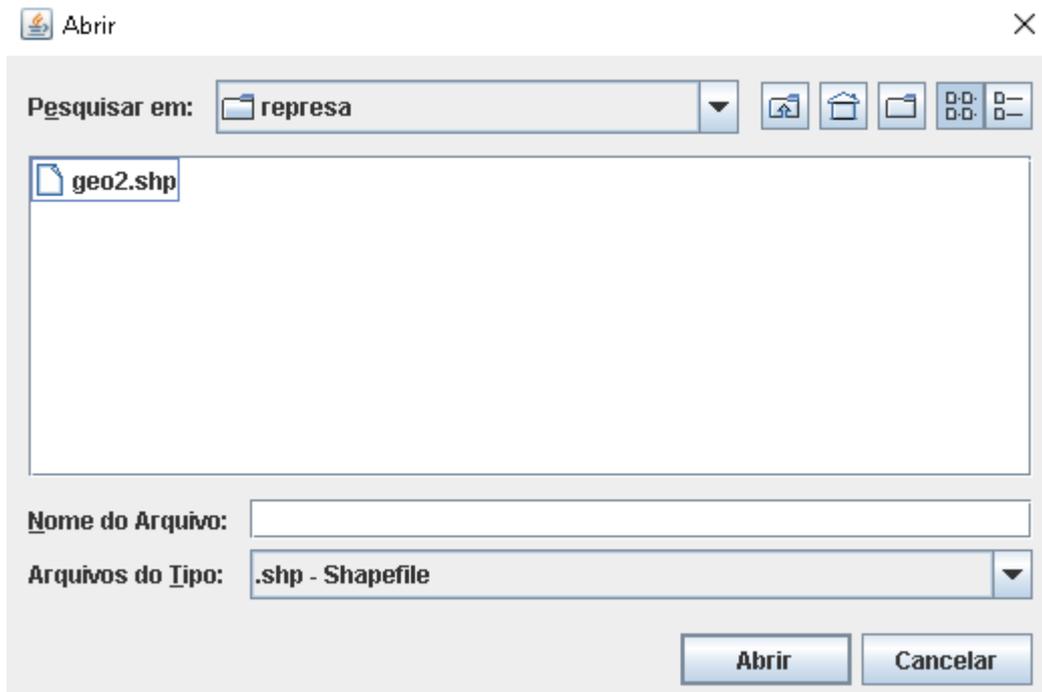
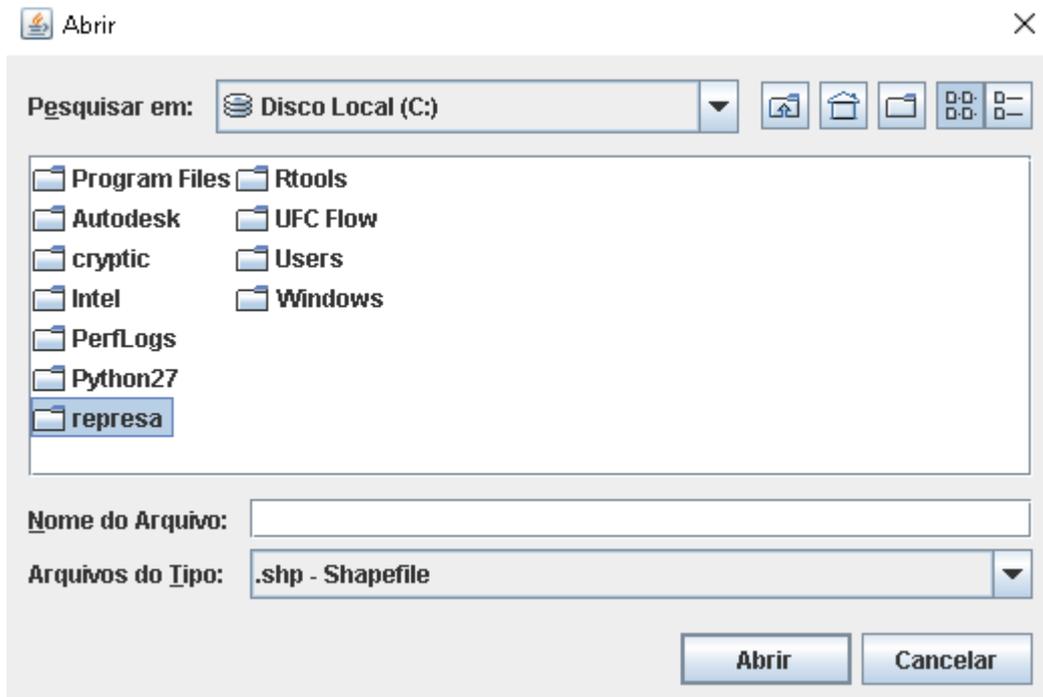
### O passo-a-passo do problema no UFCFLOW

**1º Passo** – Abrir o software “ufcflow”;

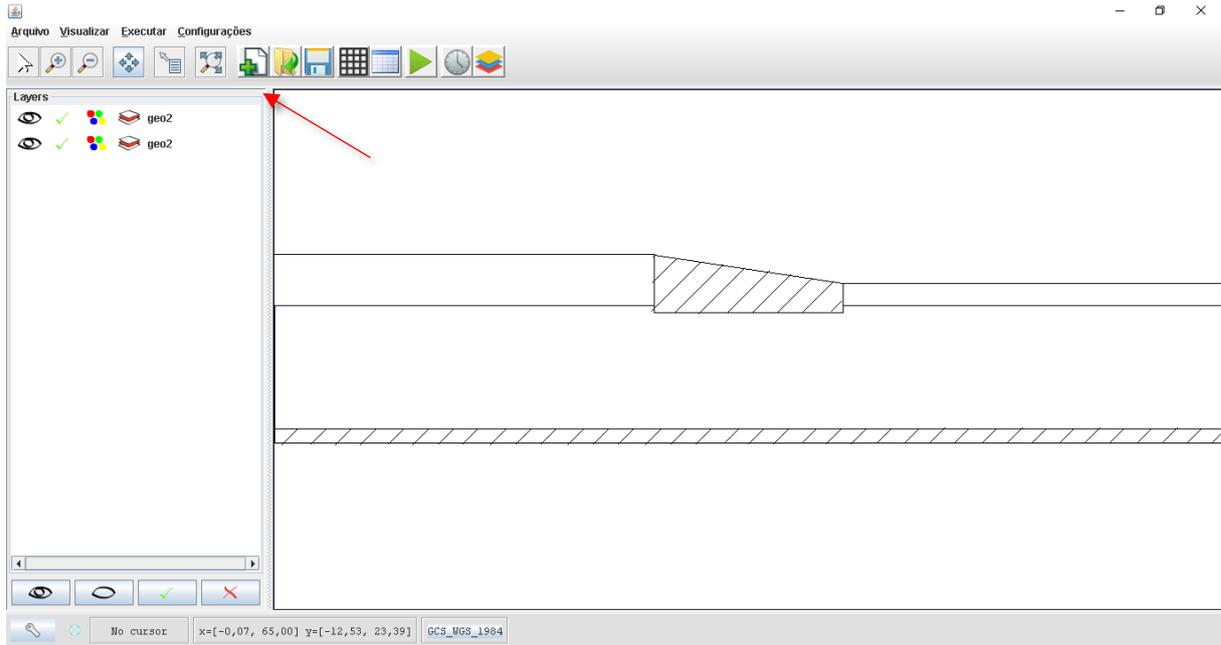
**2º Passo** – Clica-se em **Shapefile**



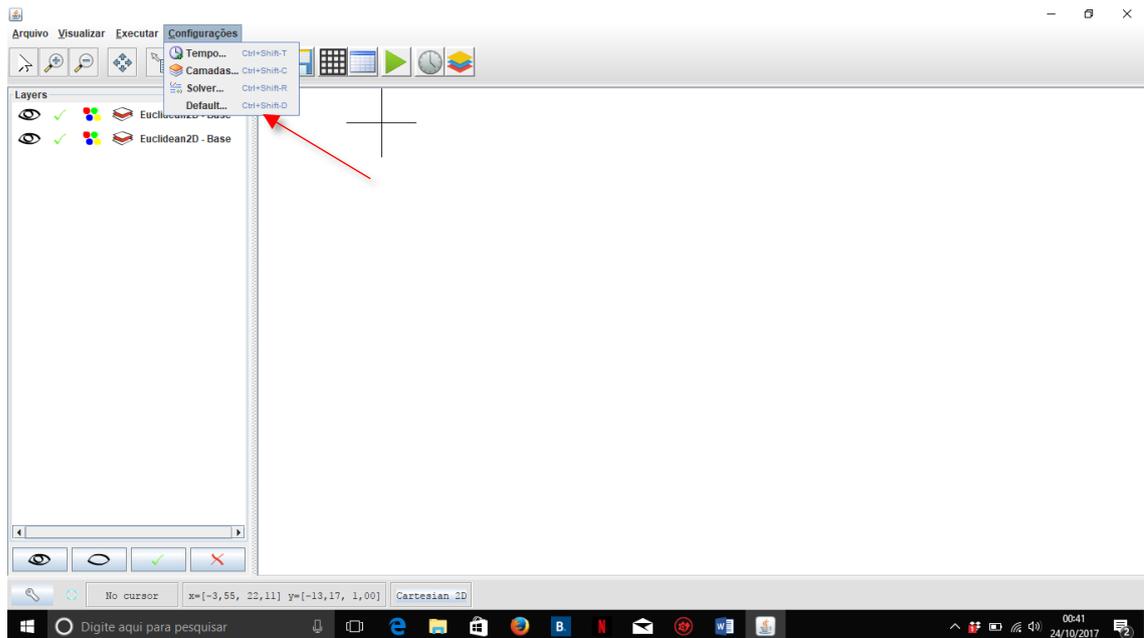
**3º Passo** – O UFC Flow possui um desenho referencial do modelo, para abrir esse desenho, abra a pasta “represa” (que deve vir junto com o produto, da mesma forma que a pasta geo 2 do modflow). Depois abra o arquivo “geo2”.



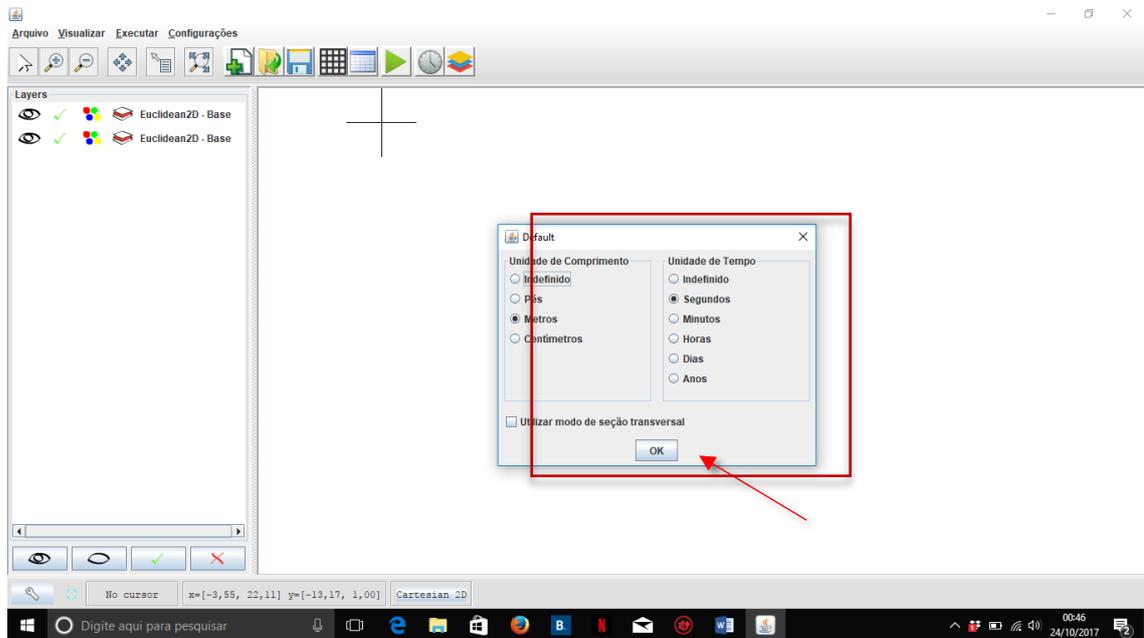
**4º Passo** – Para mostrar o desenho, devemos primeiro clicar no símbolo indicado, no canto superior da tela. O desenho deverá ficar igual a figura seguinte.



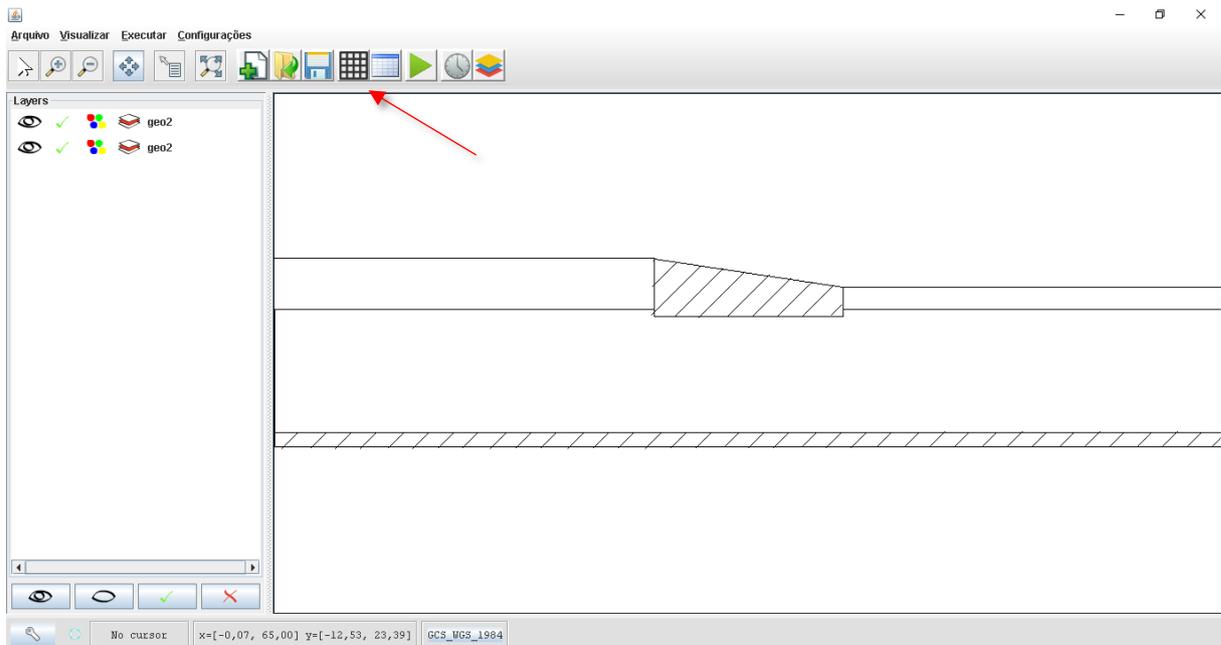
**5º Passo** – Após a abertura da tela, clica-se em “Configurações/Default”, para configurar as unidades a serem trabalhadas



**6º Passo** – Na nova janela, escolhe-se a configuração desejada e clica-se em OK



**7º Passo** – Clica-se em Criar novo/botão direito do mouse, para configurar as informações do Grid



The dialog box is titled "Configuração da Malha" and contains the following sections:

- Configuração da Malha:**
  - Número de linhas:
  - Número de colunas:
- Dimensões da Malha:**
  - $X_{sup} = 2,13$      $Altura_{malha} = 22,73$
  - $Y_{sup} = 15,27$      $Largura_{malha} = 18,15$
- Configuração das Camadas:**
  - Camadas:
  - Espessura:
  - Elevação de Topo:

At the bottom of the dialog is an **OK** button.

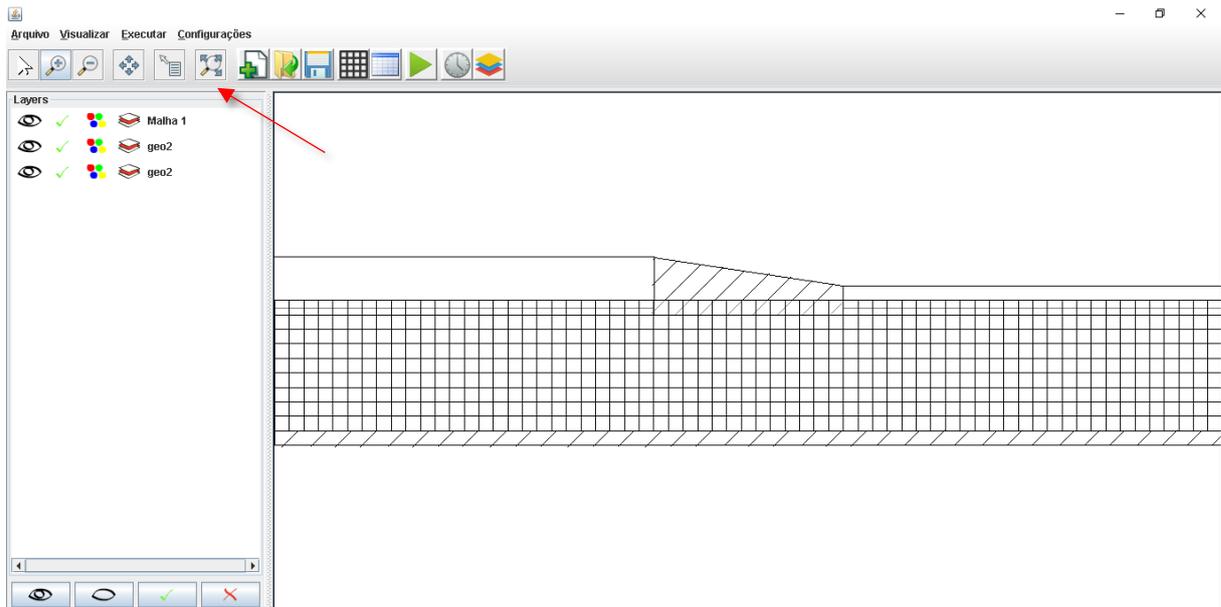
Clique no botão editar para ajustar as dimensões da malha, irá abrir uma janela, preenche as dimensões:

The dialog box is titled "Coordenadas Iniciais" and contains the following sections:

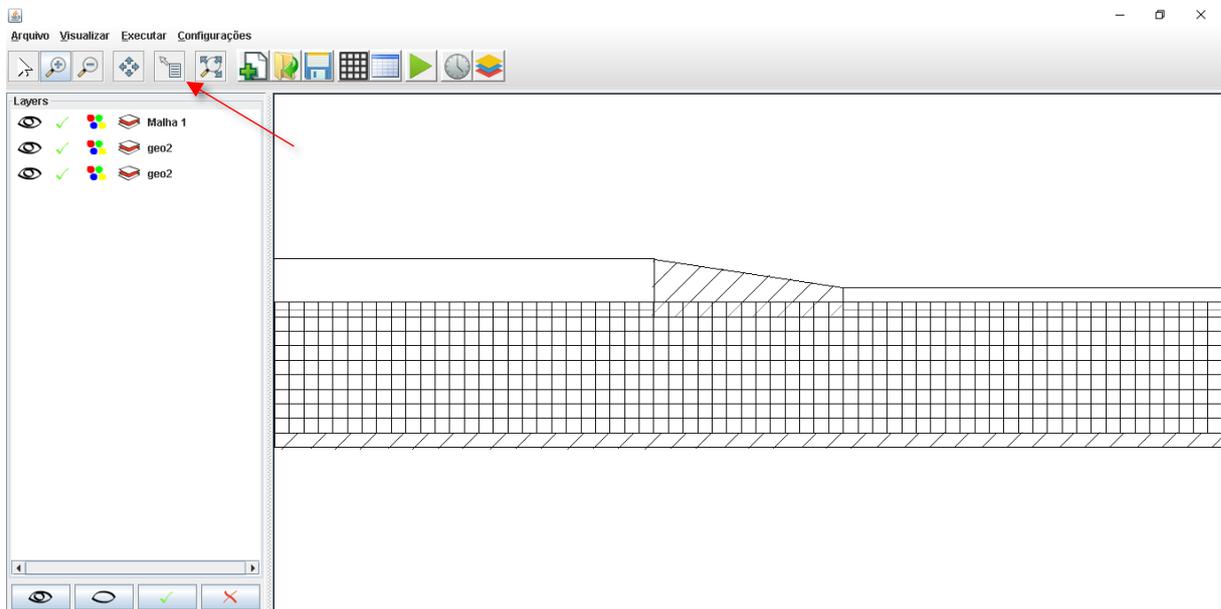
- Coordenadas Iniciais:**
  - X:
  - Y:
- Dimensões da malha:**
  - Altura:
  - Largura:

At the bottom of the dialog is an **OK** button.

**8º Passo** – Clica-se em “Display full extent of all layers”, para melhor visualização das células



**9º Passo** – Clica-se em “Click to zoom out centred on cursor position”, para melhor visualização das células



**10º Passo** – Definir as Condições de contorno

Para definir o status de condição de contorno, primeiro devemos saber os valores de cada condição.

Com fluxo	1
Sem fluxo	0
Carga constante	-1

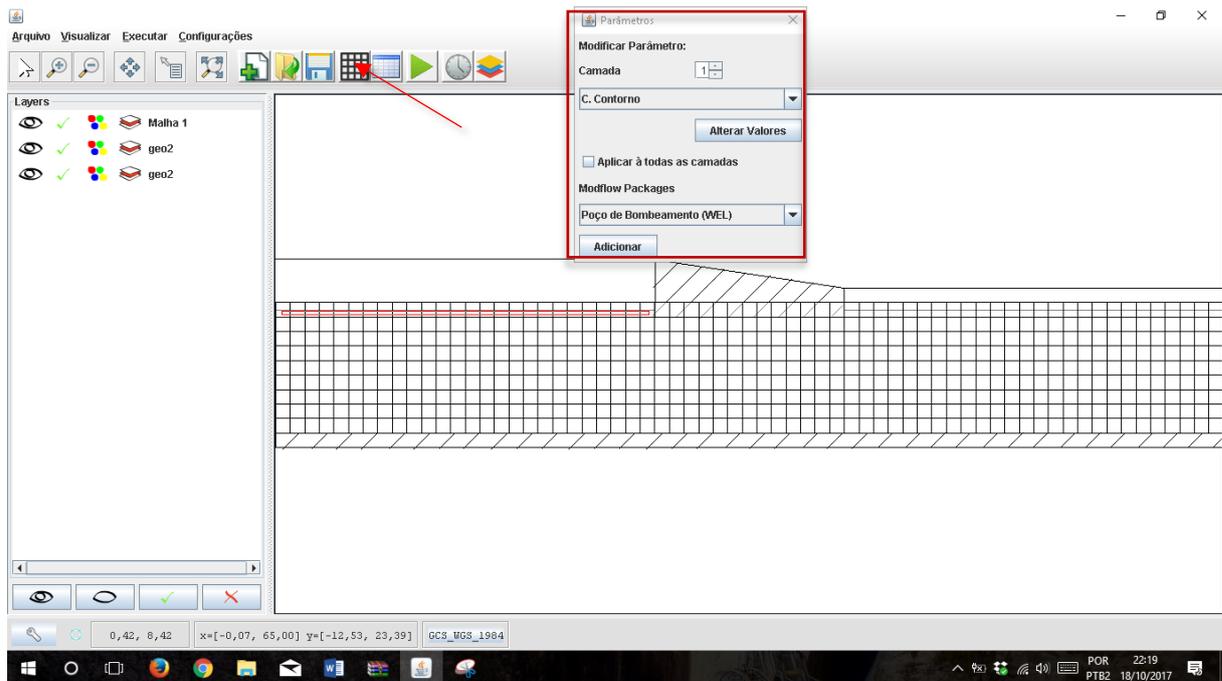
Na malha em estudo as células de (1,1) até (1,26), isto é, os contornos superiores de montante e as células (1,40) até (1,65), os contornos superiores de jusante, são definidos como carga constante (-1).

Nas células (1,27) até (1,39), que são os contornos superiores da represa. E toda a linha 9, isso é, de (9,1) até (9,65), no fundo do aquífero, é sem fluxo (0).

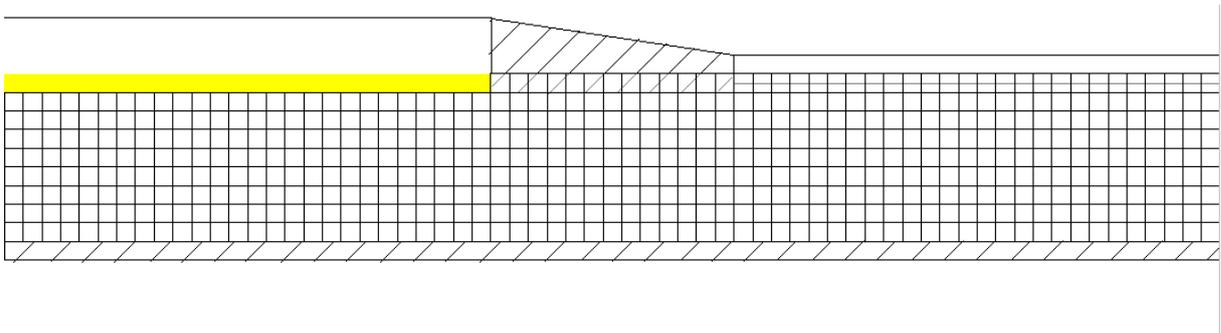
No restante das células é o valor com fluxo (+1), que é o valor padrão.



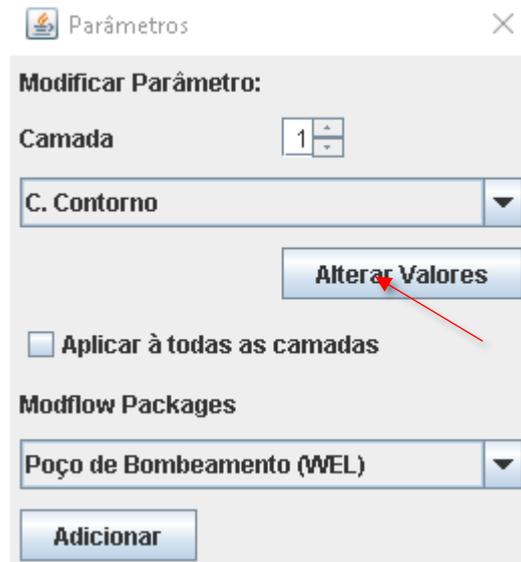
Para isto, primeiro clique no botão  e abrirá uma janela, ignore ela por enquanto. Arraste a seleção do mouse em cima das células abaixo da jusante.



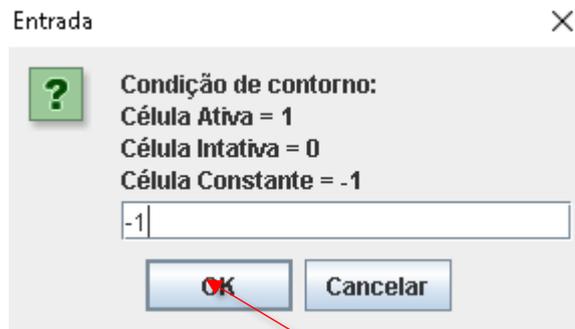
Quando o botão do mouse for solto, as células ficaram amarelas.



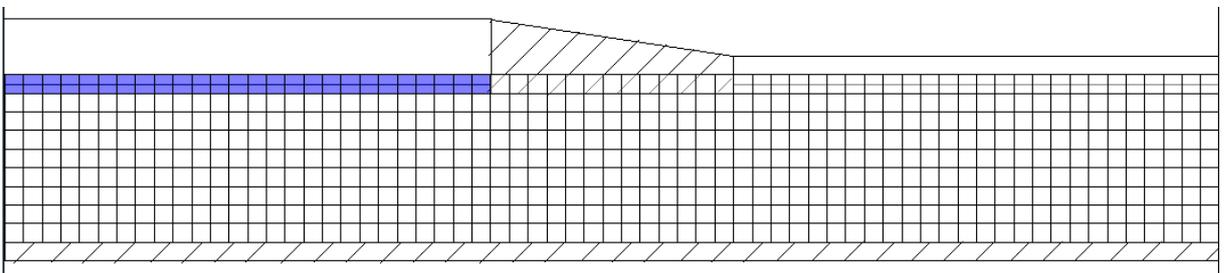
Na janela de parâmetros que foi aberta, que inicialmente ignoramos, apesar de deixá-la aberta, clique em alterar valores



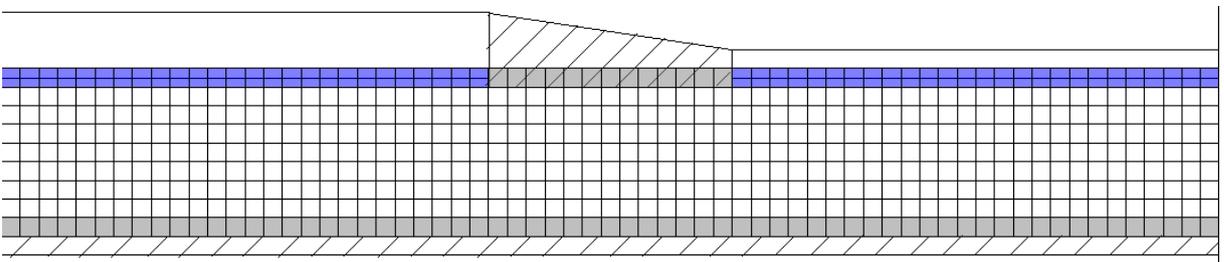
Digite -1 e clique em ok, na janela que abriu.



Depois clique em “ok”, na outra janela clique em no “x” na outra janela. Quando você clicar em qualquer ponto do desenho e verá que os quadrados ficaram em cor roxa.



Repita os processos nas outras partes da represa, conforme exposto no início.





A elevação deve ser de 1.0 metro em todo o aquífero, por padrão, o aplicativo já vem com esse valor. Se não estiver, ajuste.

Vá na aba e clique no próximo parâmetro, que é elevação de fundo.

	1	2	3	4	5	6	7
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

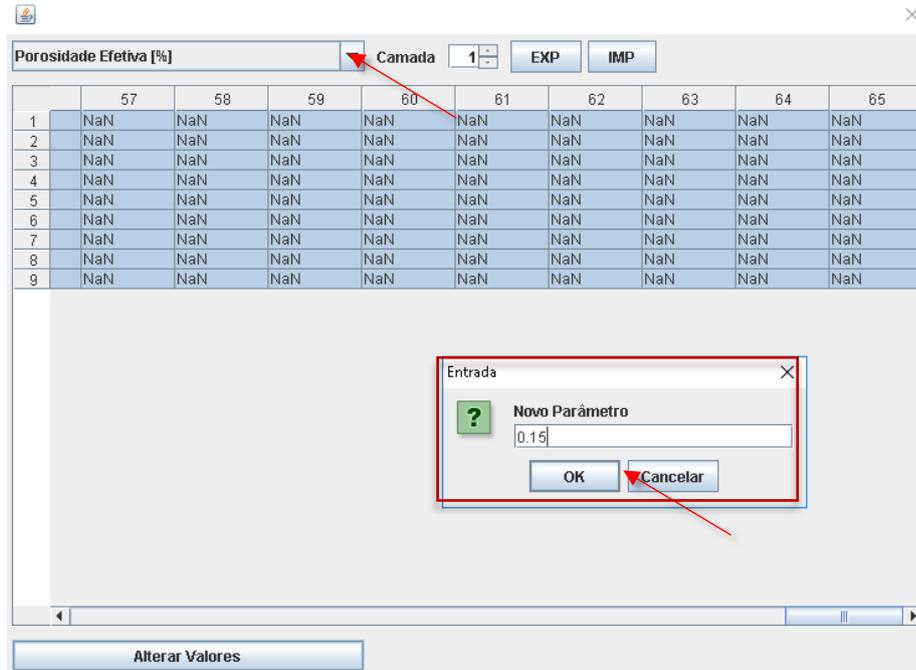
Devemos configurar a elevação do fundo da camada do aquífero em 0 metro, como ponto de referência. Da mesma forma como o anterior, o aplicativo já vem como padrão o valor 0. Para configurar a carga hidráulica vá na aba respectiva.

	1	2	3	4	5	6	7
1	NaN						
2	NaN						
3	NaN						
4	NaN						
5	NaN						
6	NaN						
7	NaN						
8	NaN						
9	NaN						





Para a porosidade, vá na aba respectiva, e da mesma forma e digite 0.15 em todo o aquífero.



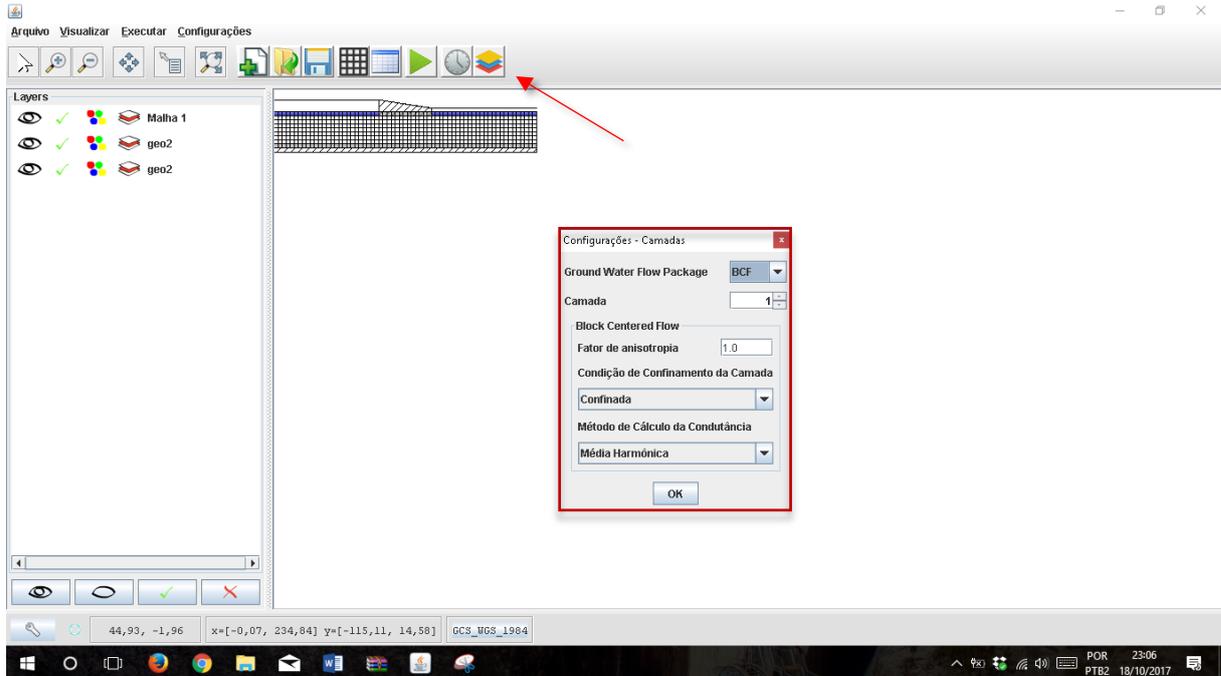
Mantenha todas as outras abas da forma padrão.

### 12º Passo – Rodando os problemas

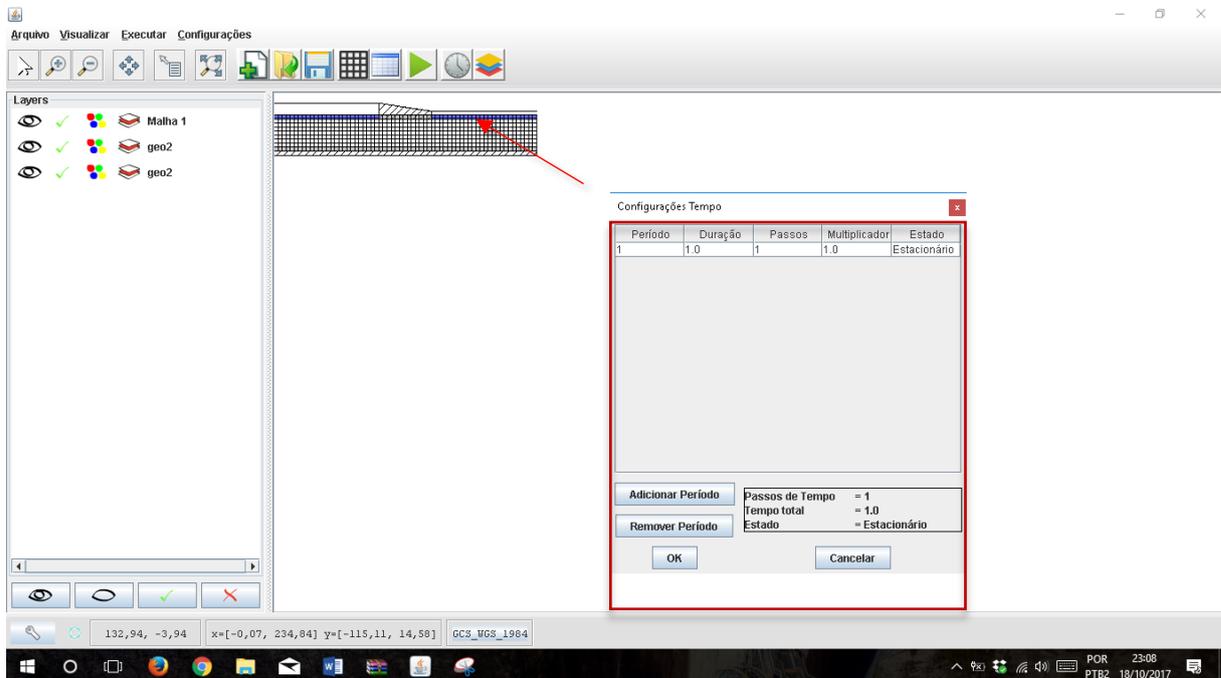
Recomenda-se, a partir desse momento, sair do programa e na pasta onde foi salvo o arquivo ufc-flow, duplicá-lo, pois, a partir de então, iremos simular com anisotropia de 1.0 e de 0.2.

Com o arquivo copiado, abriremos o primeiro, para simular com anisotropia de 1.0.

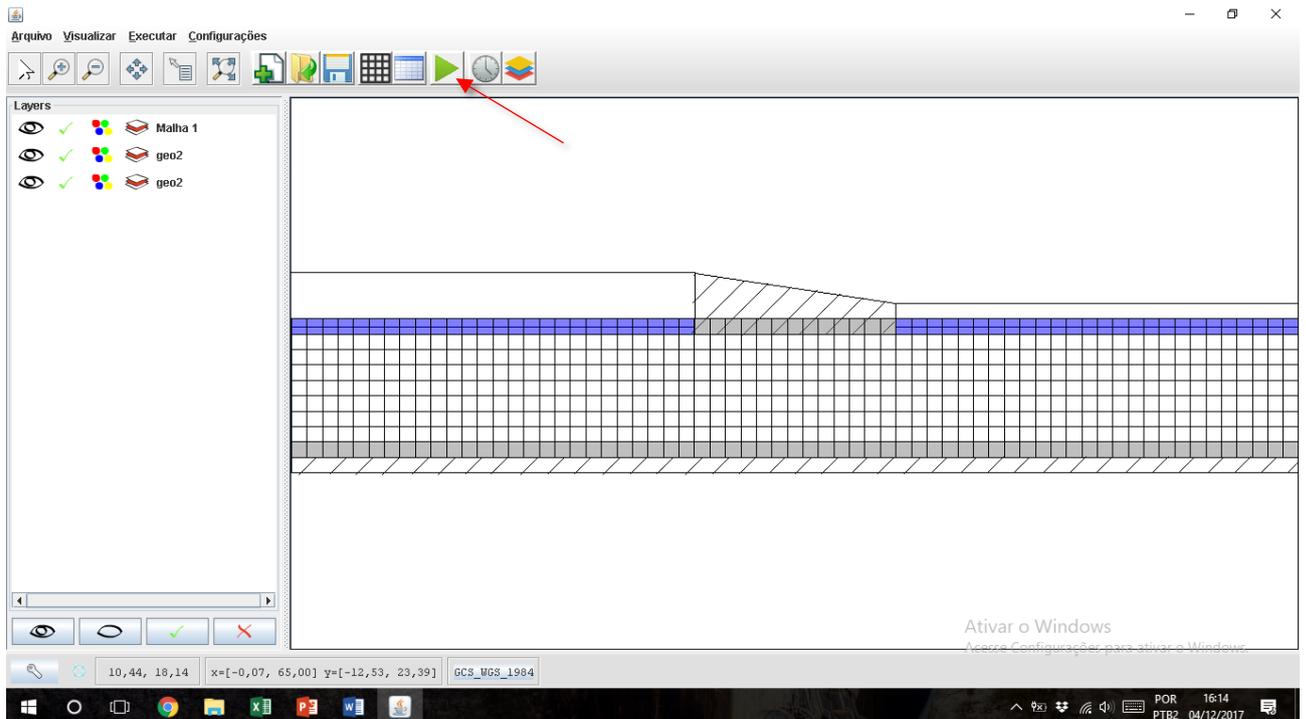
Clique no botão respectivo, os valores estão padrão. Aperte ok. Note que a anisotropia já está 1.0.



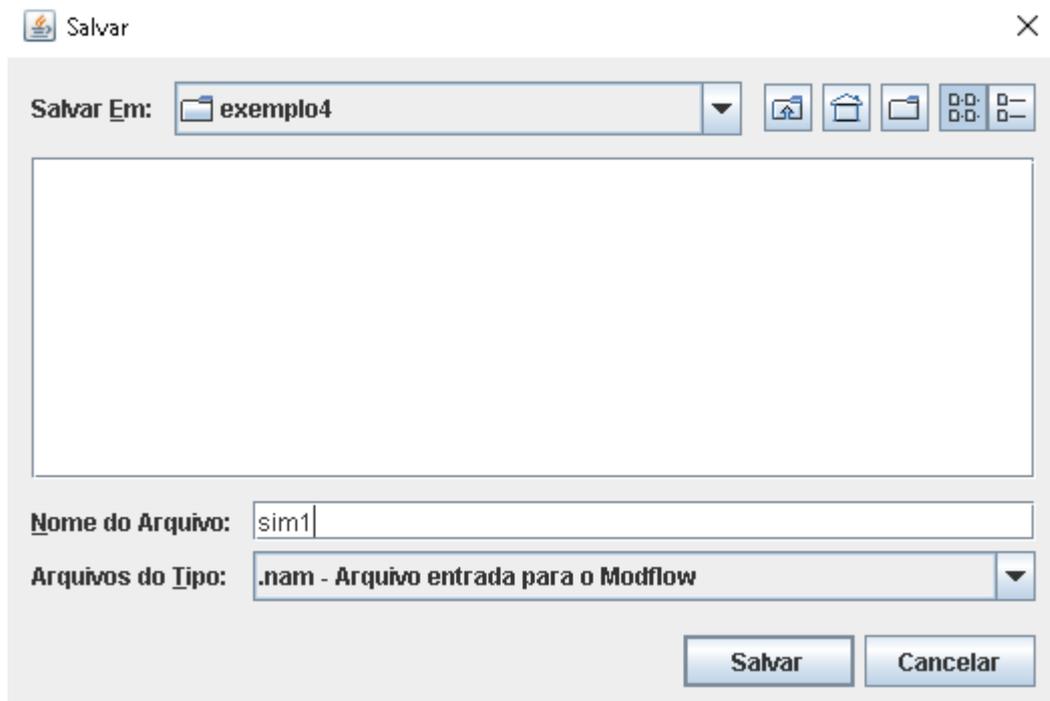
Aperte ok e clique no botão para definir as configurações de tempo. Mantenha padrão.



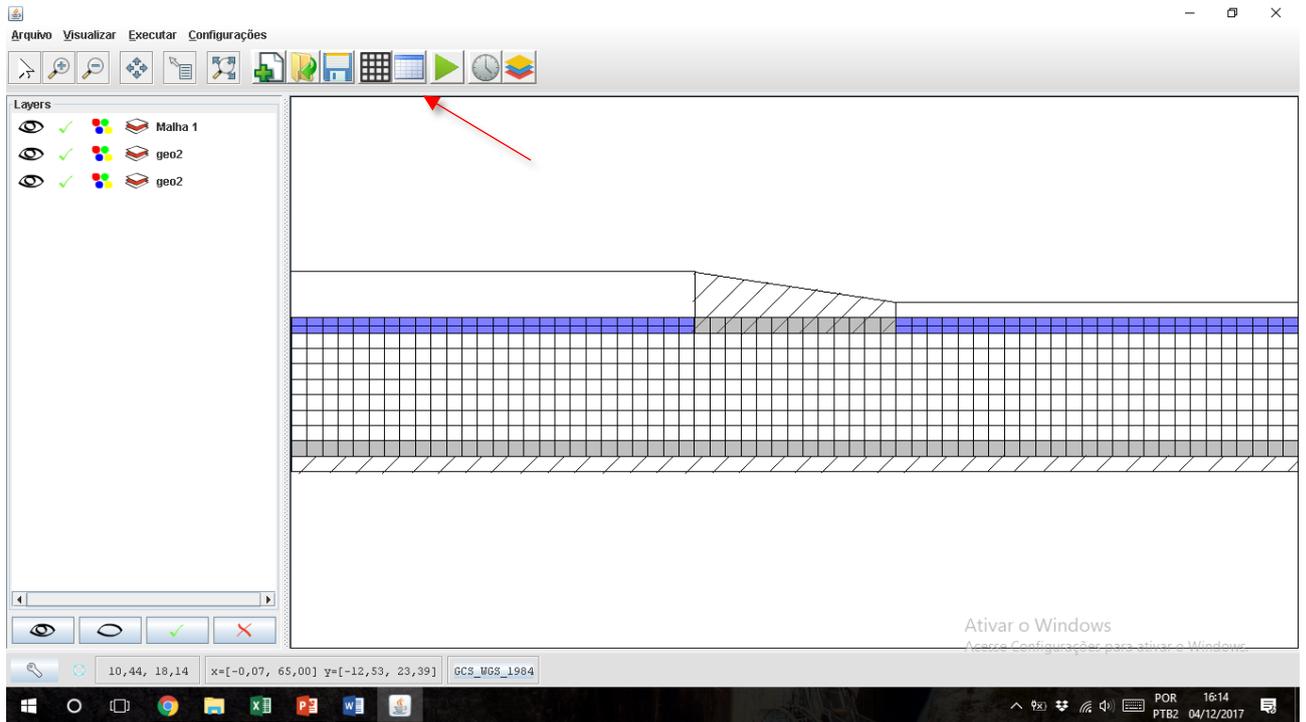
Aperte ok e clique no botão para rodar o programa.



Salve a simulação:



Haverá uma janela que indicará que foi feita a simulação, se formos verificar que houve uma mudança nas cargas hidráulicas no botão.

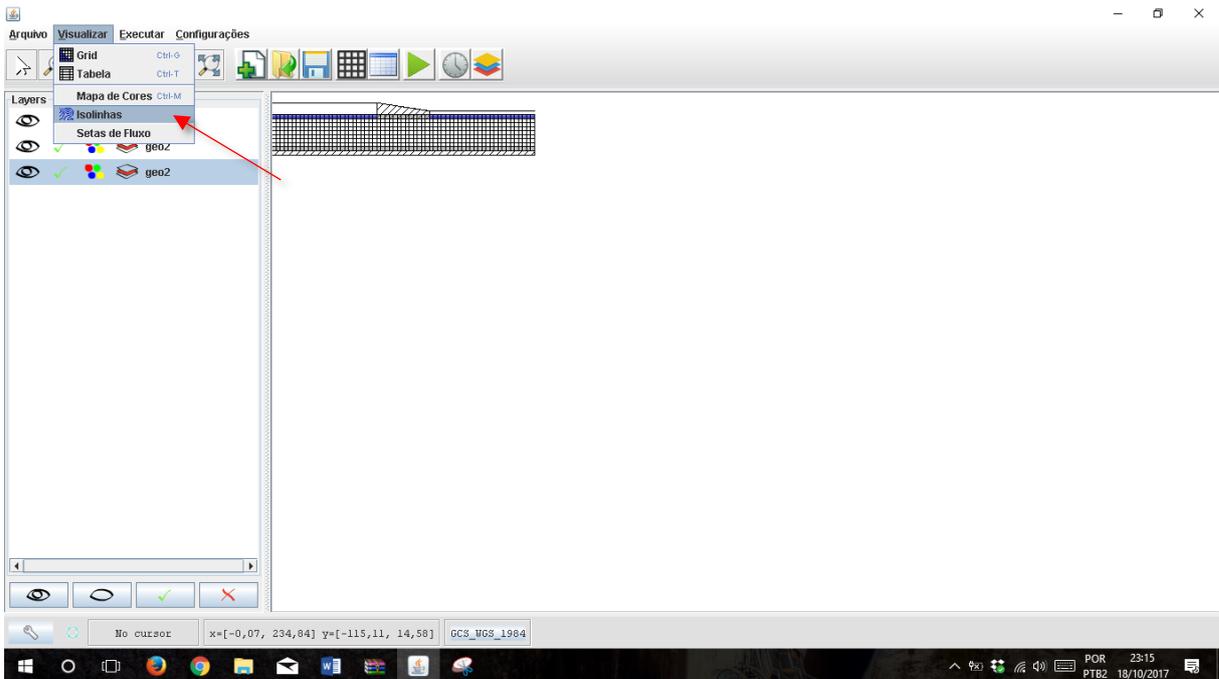


Carga Hidráulica [m] Camada 1 EXP IMP

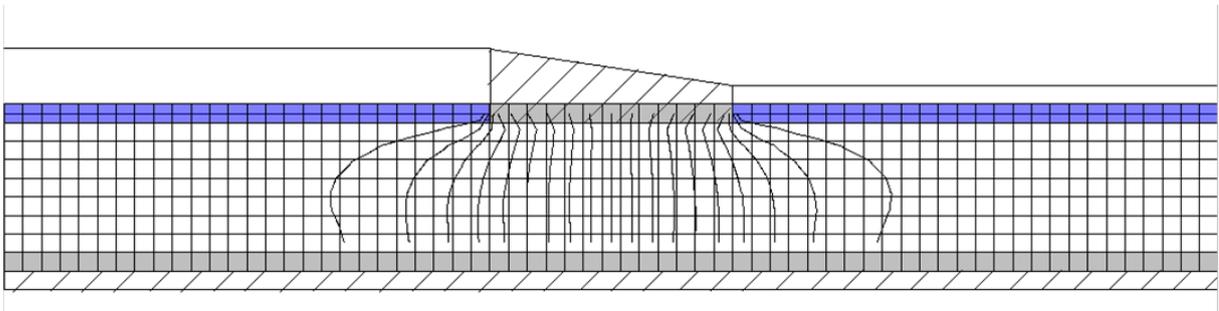
	1	2	3	4	5	6	
1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
2	11.999	11.999	11.999	11.999	11.999	11.998	11.998
3	11.998	11.998	11.998	11.998	11.997	11.997	11.997
4	11.997	11.997	11.997	11.997	11.996	11.995	11.995
5	11.997	11.997	11.996	11.996	11.995	11.994	11.994
6	11.996	11.996	11.996	11.995	11.994	11.993	11.993
7	11.996	11.996	11.995	11.995	11.994	11.993	11.993
8	11.996	11.995	11.995	11.994	11.993	11.992	11.992
9	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99

Alterar Valores

Para as exibir as isolinhas, vá na aba “Visualizar” e depois clique na opção “Isolinhas”.



O resultado deve ser igual ao da figura a seguir.



Para o caso de anisotropia 0.2 proceda da mesma maneira do anterior:

Abra o outro arquivo (que foi copiado no início desse item) e clique no botão , e coloque 0.2 como anisotropia, ao invés de 1.0 (será a única mudança).

Aperte ok e clique no botão  para definir as configurações de tempo. Mantenha padrão, conforme anteriormente.

Aperte ok e clique no botão  para rodar o programa.  
Salve a simulação.

Para ver como se atualizaram as cargas hidráulicas:

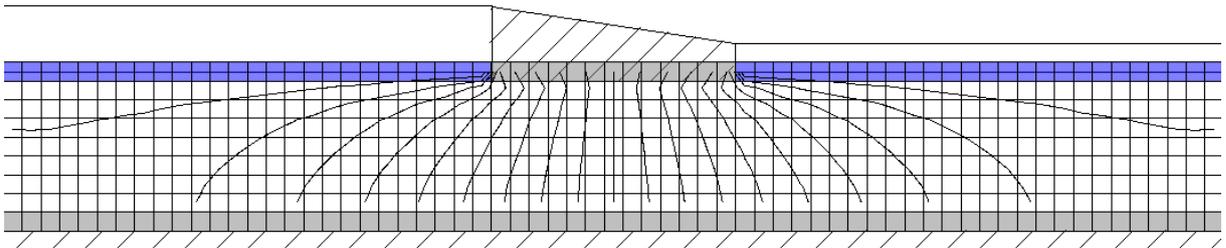
Carga Hidráulica [m]							
	1	2	3	4	5	6	
1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
2	11.972	11.971	11.971	11.97	11.969	11.968	11.968
3	11.944	11.944	11.943	11.942	11.939	11.937	11.937
4	11.92	11.919	11.918	11.916	11.913	11.909	11.909
5	11.899	11.898	11.896	11.894	11.89	11.885	11.885
6	11.883	11.882	11.879	11.876	11.872	11.867	11.867
7	11.871	11.87	11.868	11.864	11.86	11.854	11.854
8	11.865	11.864	11.862	11.858	11.853	11.847	11.847
9	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99

Camada 1

EXP IMP

Alterar Valores

Clicando na aba visualizar e em isolinhas, serão exibidas as isolinhas.



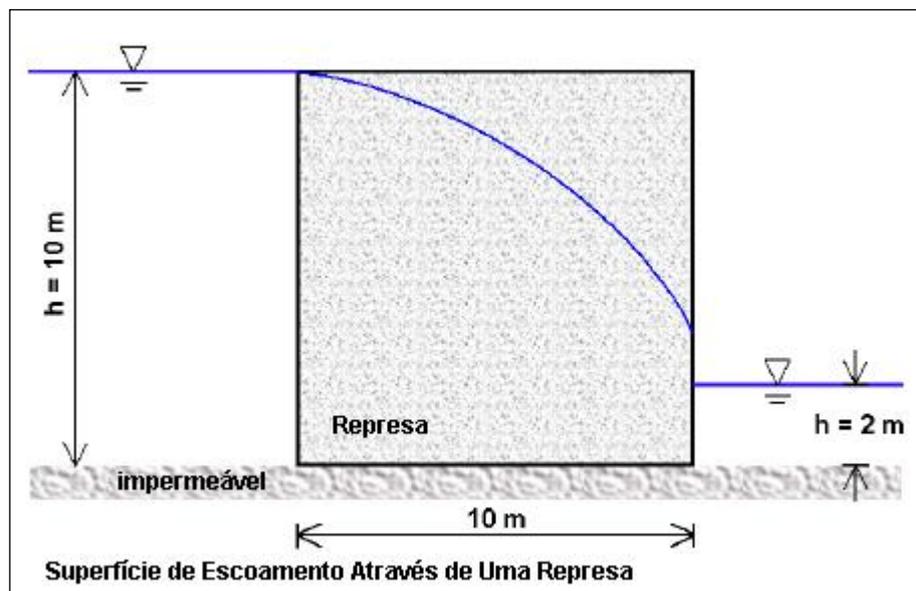
## 5 ESCOAMENTO ATRAVÉS DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE UMA BARRAGEM DE TERRA

Uma barragem de terra, com comprimento de 100 m; possui espessura e a altura de 10m, considere o nível da água de 10 m a montante e 2 m a jusante. O material da barragem é homogêneo e isotrópico, porosidade de 15%, e condutividade hidráulica de 0,00001 m/s, com exceção do último trecho da seção transversal da represa que possui condutividade hidráulica de 0,01 m/s, a qual funcionará como um sistema de drenagem. A seguir (tabela 5 e figura 5) estão apresentadas as principais características do sistema.

**Tabela 5** – Dados do problema 5.

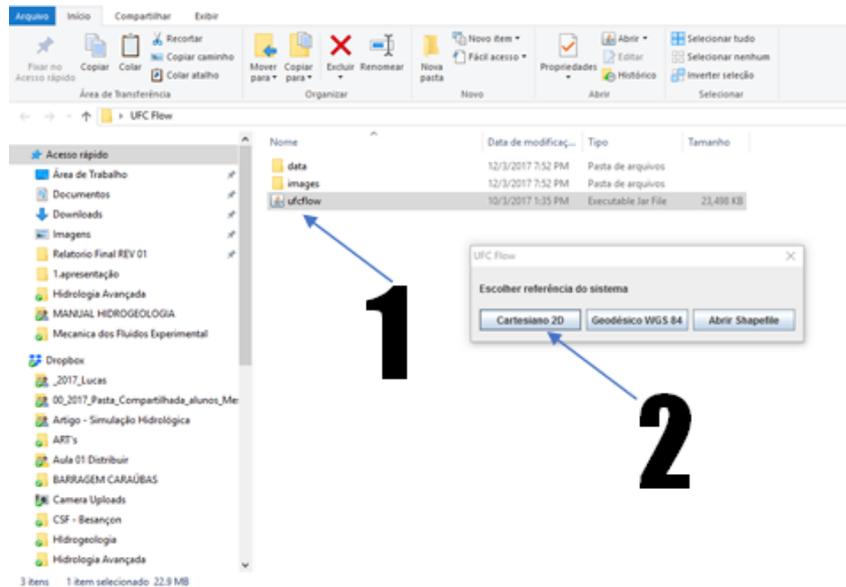
Descrição	Valor
Carga hidráulica de montante	10 m
Carga hidráulica de jusante	2 m
Espessura da represa	10 m
Altura da barragem	10 m
Condutividade hidráulica (maciço)	0.00001 m/s
Condutividade hidráulica (drenos)	0.01 m/s
Porosidade	15%
Sistema	Confinado
Regime	Permanente

**Figura 5** – Representação gráfica do problema 5.

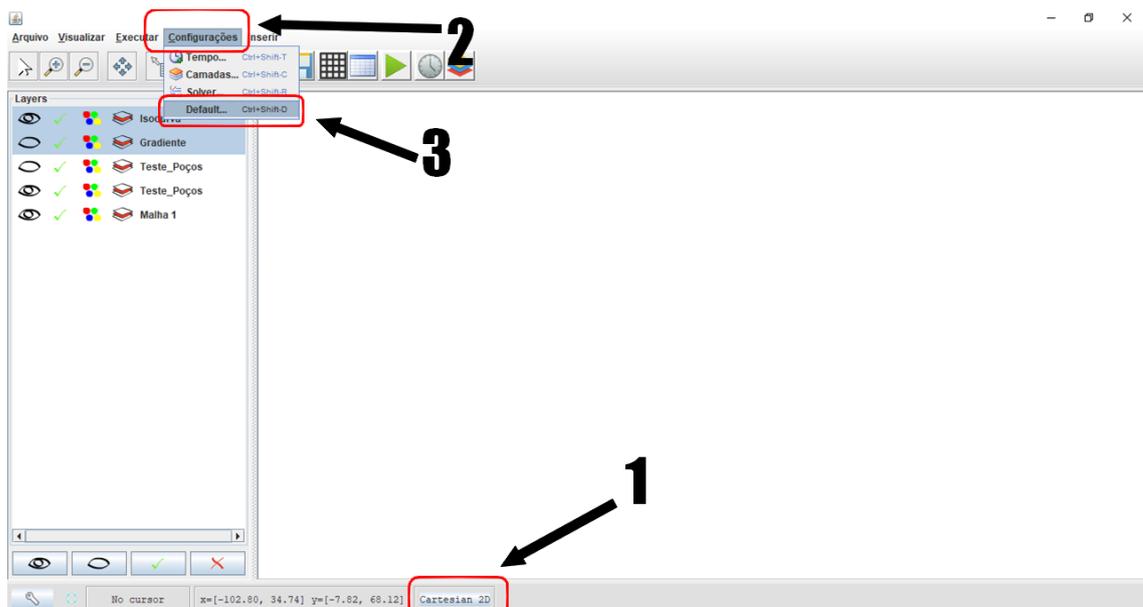


## O passo-a-passo com o UFC-FLOW

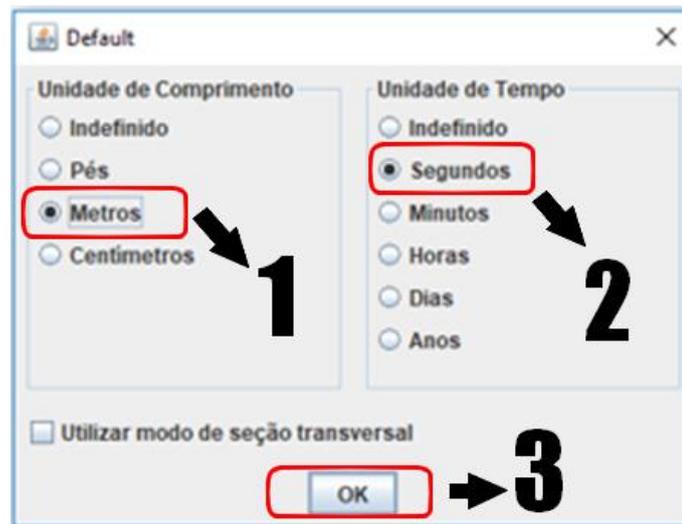
Inicialmente, abre-se o software UFCFlow, encontrado no diretório **C:\UFC FLOW\UfcFlow**, e em seguida seleciona-se para referência do sistema a opção **Cartesiano 2D**.



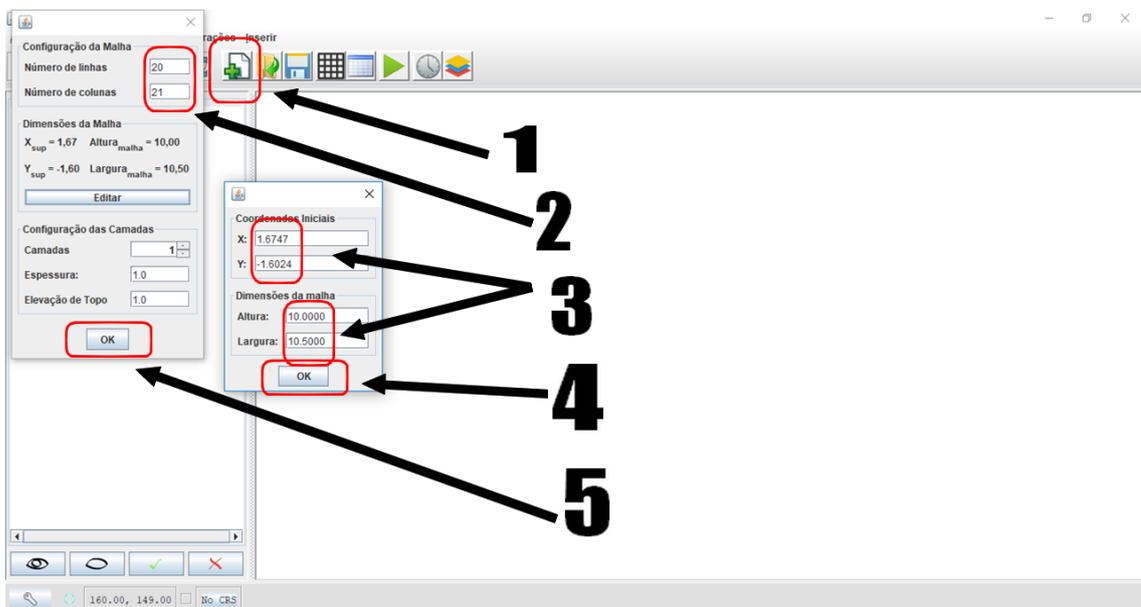
Aberto o programa, verifica-se se o sistema escolhido realmente foi o cartesiano (**seta 1**). Tendo sido verificado com sucesso, aperta-se na aba configurações (**seta 2**) e aparecerá a opção default (**seta 3**). Apertar na opção default e abrirá a janela default.



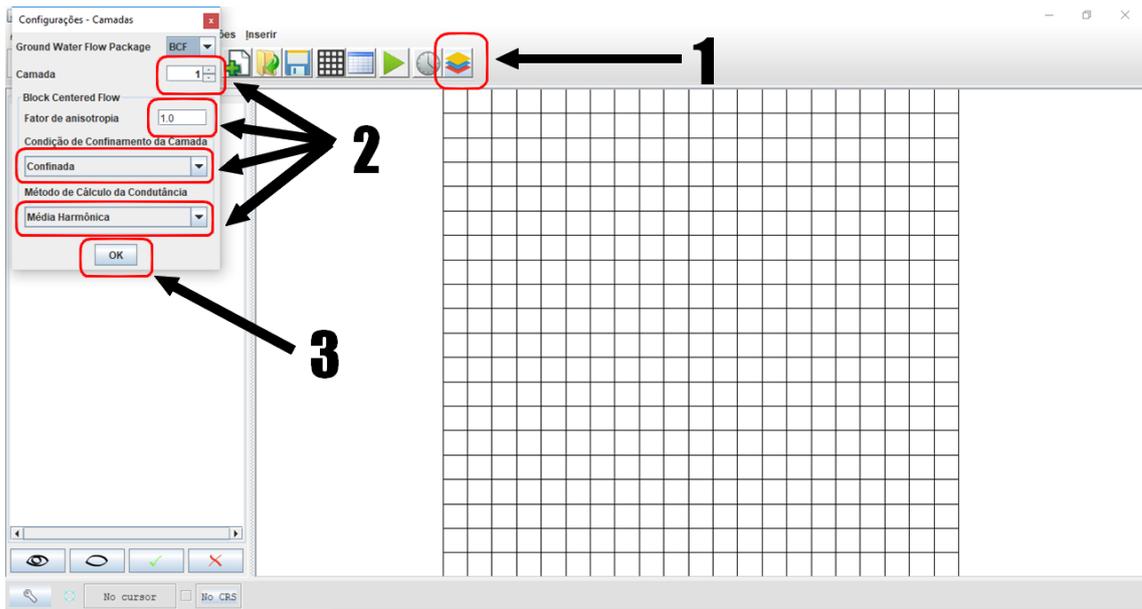
Na janela Default, selecionar **metros** na coluna de unidade de comprimento e **segundos** na coluna de unidade de tempo. Feito isso, concluir apertando no botão OK.



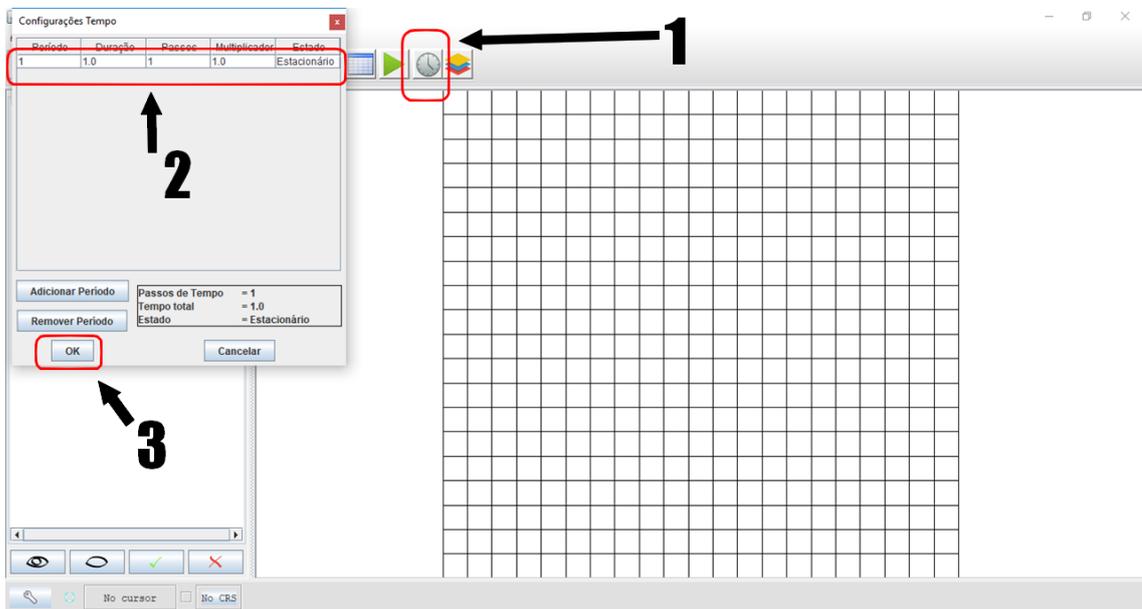
Na superfície do software, clicar no botão **CRIAR NOVO** (seta 1), editar as configurações da malha (seta 2). No exemplo aqui presente, foi escolhido 20 o número de linhas e 21 o número de colunas. Em seguida, editar as dimensões e coordenadas iniciais da malha (setas 3). Aperta-se nos botões ok (setas 4 e 5) para concluir.



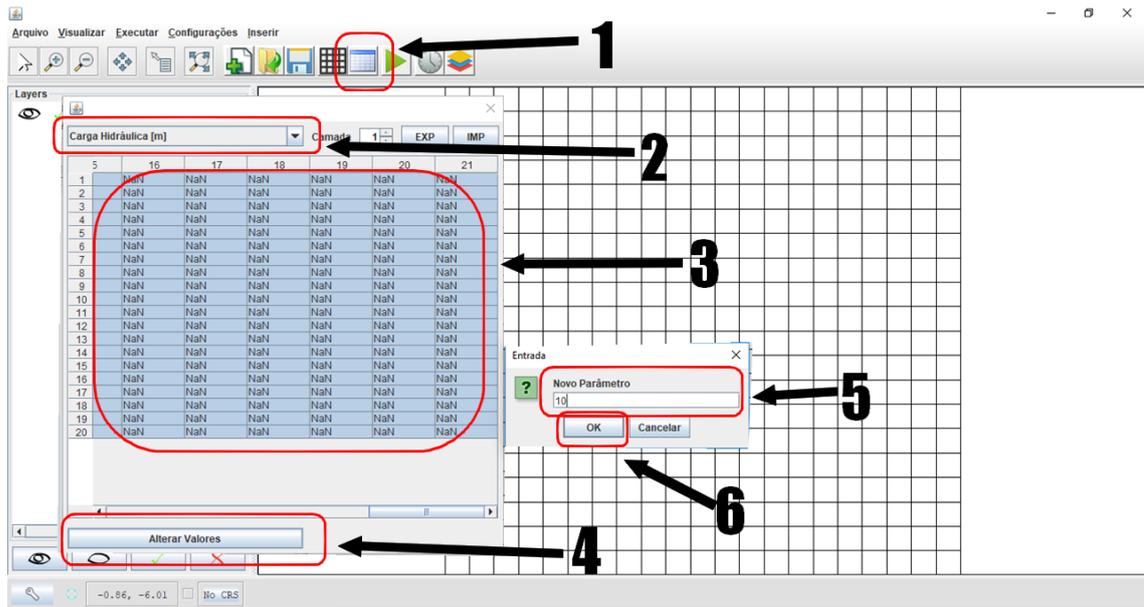
Retornado à superfície do software, observe que a malha foi criada. Clicar no botão **Configurar as condições de fluxo nas camadas** botão (seta 1). Na janela que irá abrir, editar os valores de acordo com os dados do problema (setas 2) e concluir o procedimento apertando no botão ok.



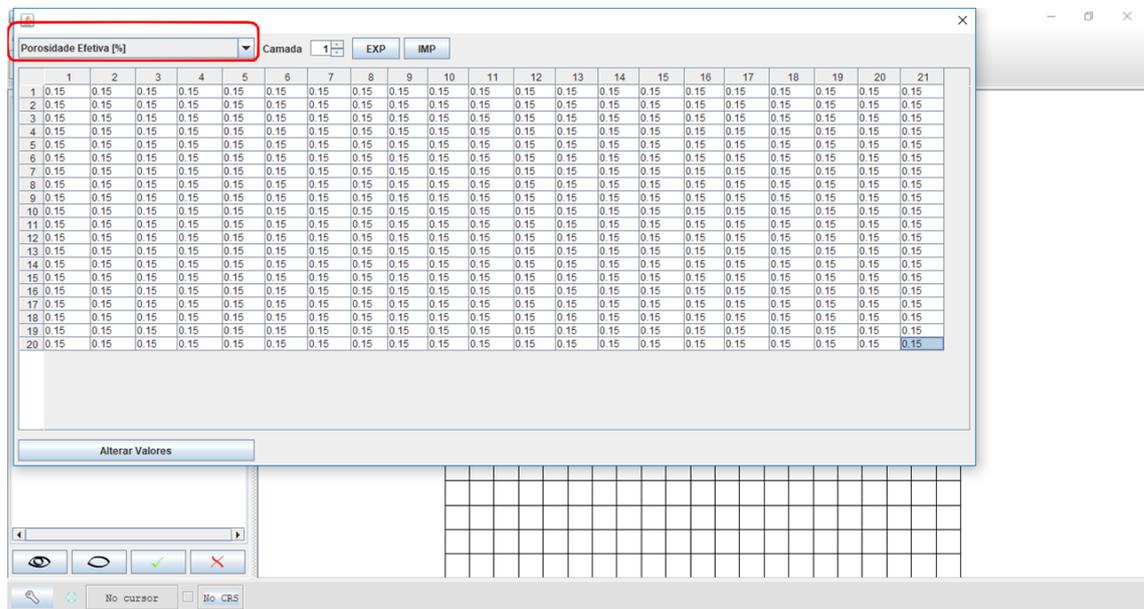
Próximo passo será apertar no botão **configurar as opções de tempo da simulação**. A janela **Configurações tempo** abrirá, lá deve-se editar os valores de acordo com os dados do problema (seta 2). Conclui-se essa etapa apertando no botão ok.



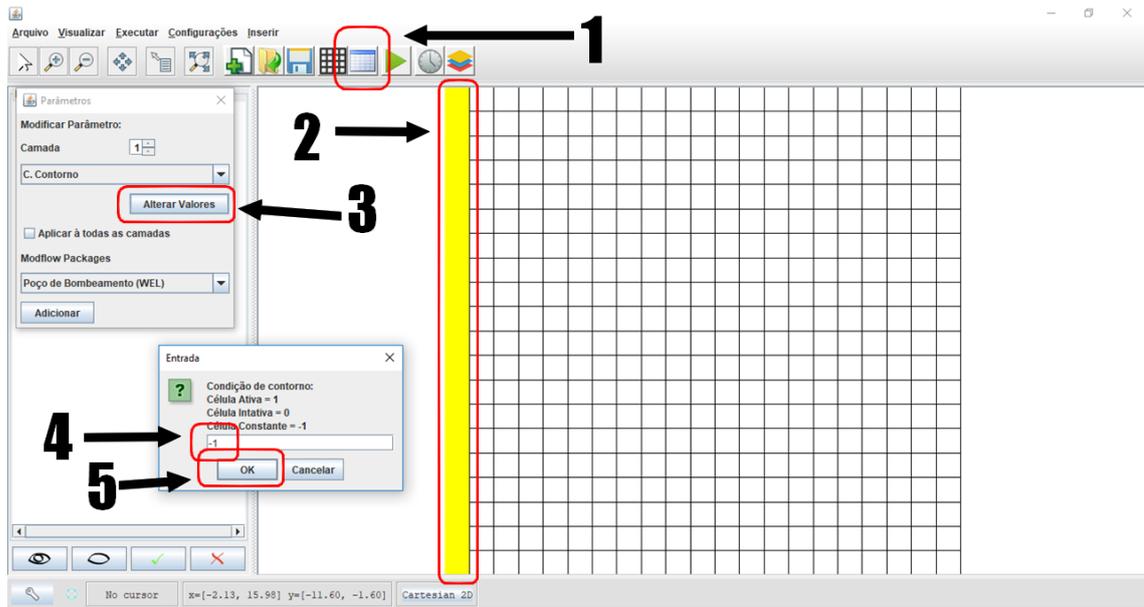
Apertar no botão **alterar vista para tabela de atributos**. Na janela que se abre, escolher o parâmetro **Carga hidráulica (m)**. Selecionar os campos desejados na malha e eles aparecerão na janela suspensa, e em seguida no botão **alterar valores**. Abrirá uma nova janela chamada **entrada**, nela deve-se inserir o valor do parâmetro. Finaliza-se apertando no botão **ok**.



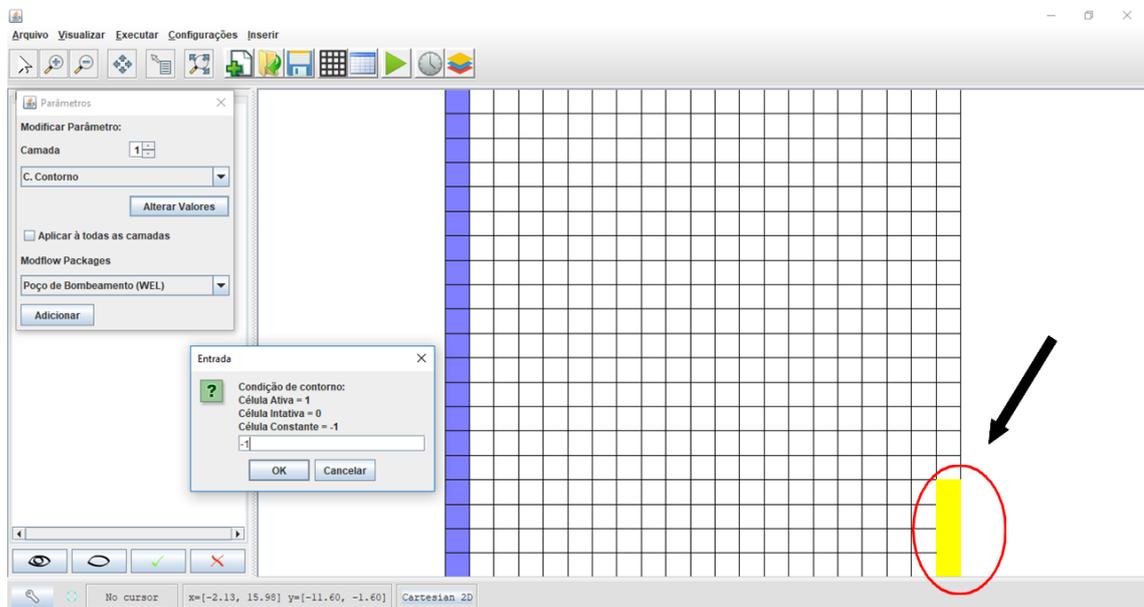
O procedimento anterior será repetido para o parâmetro **Carga Hidráulica [m]** nas condições de jusante do problema, **condutividade horizontal [m/s]** e **porosidade efetiva [%]**. Todos na aba suspensa.



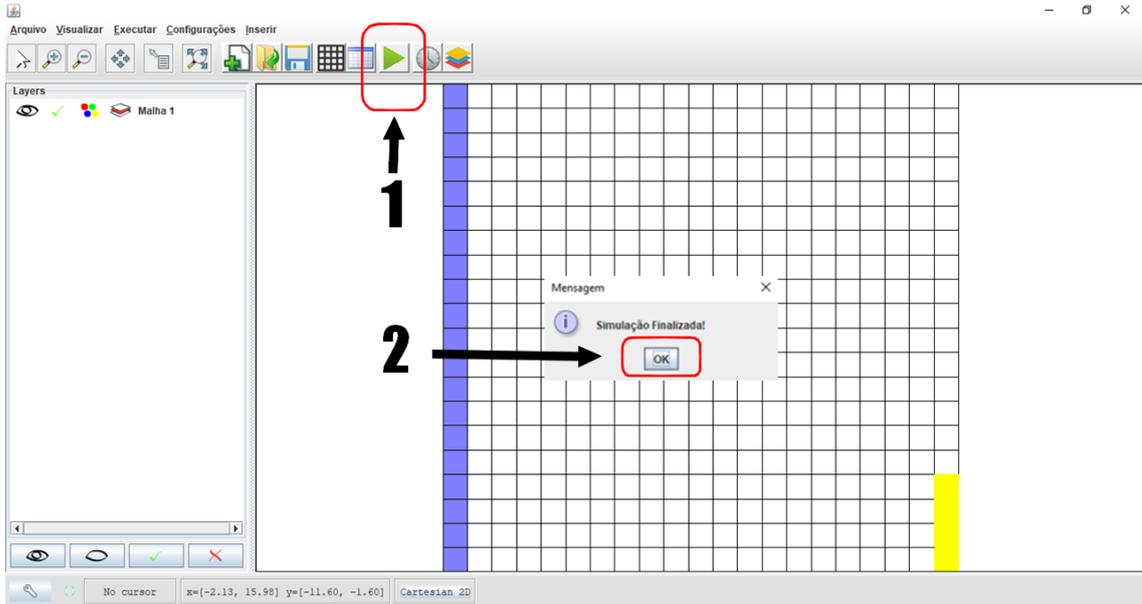
Feito as alterações para essas três opções citadas, retorna-se a clicar no botão **alterar vista para condição de contorno**. Selecionam-se as células desejadas na malha, seguindo de apertar no botão **alterar valores**. Na janela que se abre, **entrada**, o software sugere três opções de **condição de contorno**. Para o exemplo aqui demonstrado, adota-se o valor **-1** para manter o valor constante das células selecionadas. Conclui-se esse procedimento apertando o botão **OK**.



Realiza-se o mesmo procedimento do passo anterior para as condições de contorno de jusante.



Feito todos esses passos, aperta-se no botão **Executar simulação no ModFlow 2005**. Uma janela chamada **Mensagens** irá se abrir e então é só apertar no botão ok.



Os parâmetros de **carga hidráulica [m]** gerados são os da imagem a seguir, devido os valores aqui apresentados. É possível apertar no botão EXP para exportar para um formato de texto.

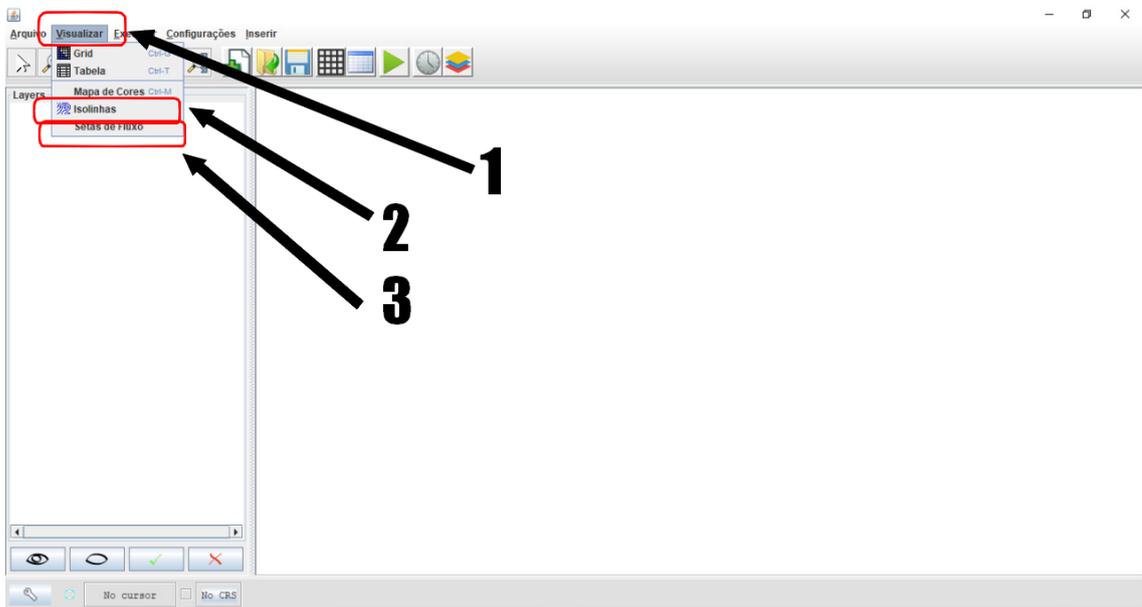
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	10.0	9.677	9.354	9.032	8.71	8.388	8.067	7.748	7.429	7.111	6.795	6.48	6.167	5.855	5.544	5.235	4.928	4.622	4.316	4.011	3.859
2	10.0	9.677	9.354	9.031	8.709	8.387	8.067	7.747	7.428	7.11	6.794	6.479	6.165	5.853	5.543	5.234	4.927	4.621	4.315	4.011	3.859
3	10.0	9.677	9.353	9.03	8.708	8.386	8.065	7.745	7.425	7.107	6.791	6.476	6.162	5.85	5.54	5.231	4.924	4.619	4.314	4.01	3.858
4	10.0	9.676	9.352	9.029	8.706	8.384	8.062	7.741	7.422	7.103	6.786	6.471	6.157	5.845	5.535	5.227	4.92	4.615	4.312	4.009	3.857
5	10.0	9.676	9.351	9.027	8.704	8.381	8.058	7.737	7.417	7.098	6.781	6.465	6.151	5.839	5.529	5.221	4.915	4.611	4.308	4.007	3.856
6	10.0	9.675	9.35	9.025	8.701	8.377	8.054	7.732	7.411	7.091	6.773	6.457	6.142	5.83	5.52	5.213	4.908	4.605	4.304	4.004	3.855
7	10.0	9.674	9.348	9.022	8.697	8.372	8.048	7.725	7.403	7.083	6.764	6.447	6.132	5.819	5.51	5.203	4.899	4.598	4.299	4.001	3.853
8	10.0	9.673	9.348	9.019	8.693	8.367	8.042	7.718	7.394	7.073	6.753	6.434	6.119	5.806	5.496	5.19	4.887	4.588	4.291	3.997	3.851
9	10.0	9.672	9.344	9.016	8.688	8.361	8.035	7.709	7.384	7.061	6.739	6.42	6.103	5.789	5.479	5.173	4.871	4.575	4.282	3.993	3.848
10	10.0	9.671	9.341	9.012	8.683	8.355	8.027	7.699	7.373	7.048	6.724	6.403	6.084	5.768	5.457	5.151	4.851	4.558	4.27	3.986	3.846
11	10.0	9.669	9.339	9.008	8.678	8.348	8.018	7.689	7.36	7.033	6.707	6.383	6.061	5.744	5.431	5.124	4.825	4.534	4.253	3.978	3.843
12	10.0	9.668	9.336	9.004	8.672	8.34	8.009	7.677	7.346	7.016	6.687	6.36	6.035	5.714	5.398	5.089	4.79	4.503	4.229	3.967	3.839
13	10.0	9.667	9.333	9.0	8.666	8.333	7.999	7.665	7.332	6.999	6.666	6.335	6.005	5.679	5.358	5.045	4.743	4.457	4.193	3.951	3.836
14	10.0	9.665	9.331	8.996	8.66	8.325	7.989	7.653	7.317	6.98	6.644	6.308	5.973	5.64	5.311	4.989	4.679	4.391	4.134	3.921	3.832
15	10.0	9.664	9.328	8.992	8.655	8.318	7.98	7.642	7.302	6.962	6.621	6.28	5.937	5.596	5.256	4.921	4.596	4.292	4.031	3.855	3.828
16	10.0	9.663	9.326	8.988	8.65	8.311	7.971	7.631	7.289	6.945	6.599	6.252	5.902	5.55	5.196	4.842	4.49	4.15	3.845	3.667	3.824
17	10.0	9.662	9.324	8.985	8.646	8.305	7.964	7.621	7.276	6.929	6.579	6.226	5.869	5.506	5.136	4.761	4.374	3.971	3.533	2.985	2.0
18	10.0	9.661	9.322	8.982	8.642	8.301	7.958	7.613	7.266	6.916	6.563	6.205	5.841	5.469	5.086	4.69	4.275	3.828	3.33	2.739	2.0
19	10.0	9.661	9.321	8.981	8.64	8.297	7.954	7.608	7.259	6.907	6.551	6.189	5.82	5.441	5.049	4.64	4.205	3.737	3.22	2.641	2.0
20	10.0	9.66	9.32	8.98	8.638	8.296	7.951	7.605	7.256	6.903	6.545	6.181	5.809	5.427	5.03	4.613	4.171	3.693	3.173	2.605	2.0

```

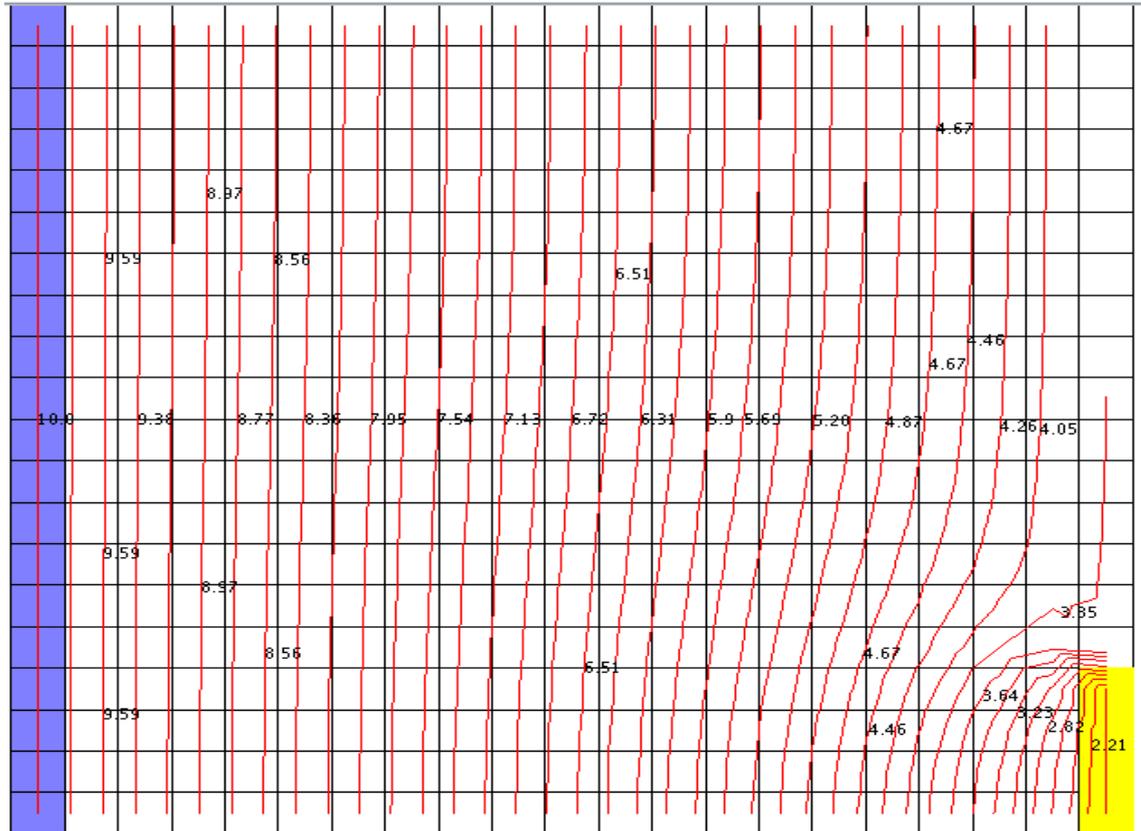
Exemplo 5 - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
#Arquivo de parâmetro da malha - UFC Flow
#Parâmetro: Carga Hidráulica Camada: 0
10.0 9.677 9.354 9.032 8.71 8.388 8.067 7.748 7.429 7.111 6.795 6.48 6.167 5.855 5.544 5.235 4.928 4.622 4.316 4.011 3.859
10.0 9.677 9.354 9.031 8.709 8.387 8.067 7.747 7.428 7.11 6.794 6.479 6.165 5.853 5.543 5.234 4.927 4.621 4.315 4.011 3.859
10.0 9.677 9.353 9.03 8.708 8.386 8.065 7.745 7.425 7.107 6.791 6.476 6.162 5.85 5.54 5.231 4.924 4.619 4.314 4.01 3.858
10.0 9.676 9.352 9.029 8.706 8.384 8.062 7.741 7.422 7.103 6.786 6.471 6.157 5.845 5.535 5.227 4.92 4.615 4.312 4.009 3.857
10.0 9.676 9.351 9.027 8.704 8.381 8.058 7.737 7.417 7.098 6.781 6.465 6.151 5.839 5.529 5.221 4.915 4.611 4.308 4.007 3.856
10.0 9.675 9.35 9.025 8.701 8.377 8.054 7.732 7.411 7.091 6.773 6.457 6.142 5.83 5.52 5.213 4.908 4.605 4.304 4.004 3.855
10.0 9.674 9.348 9.022 8.697 8.372 8.048 7.725 7.403 7.083 6.764 6.447 6.132 5.819 5.51 5.203 4.899 4.598 4.299 4.001 3.853
10.0 9.673 9.346 9.019 8.693 8.367 8.042 7.718 7.394 7.073 6.753 6.434 6.119 5.806 5.496 5.19 4.887 4.588 4.291 3.997 3.851
10.0 9.672 9.344 9.016 8.688 8.361 8.035 7.709 7.384 7.061 6.739 6.42 6.103 5.789 5.479 5.173 4.871 4.575 4.282 3.993 3.848
10.0 9.671 9.341 9.012 8.683 8.355 8.027 7.699 7.373 7.048 6.724 6.403 6.084 5.768 5.457 5.151 4.851 4.558 4.27 3.986 3.846
10.0 9.669 9.339 9.008 8.678 8.348 8.018 7.689 7.36 7.033 6.707 6.383 6.061 5.744 5.431 5.124 4.825 4.534 4.253 3.978 3.843
10.0 9.668 9.336 9.004 8.672 8.34 8.009 7.677 7.346 7.016 6.687 6.36 6.035 5.714 5.398 5.089 4.79 4.503 4.229 3.967 3.839
10.0 9.667 9.333 9.0 8.666 8.333 7.999 7.665 7.332 6.999 6.666 6.335 6.005 5.679 5.358 5.045 4.743 4.457 4.193 3.951 3.836
10.0 9.665 9.331 8.996 8.66 8.325 7.989 7.653 7.317 6.98 6.644 6.308 5.973 5.64 5.311 4.989 4.679 4.391 4.134 3.921 3.832
10.0 9.664 9.328 8.992 8.655 8.318 7.98 7.642 7.302 6.962 6.621 6.28 5.937 5.596 5.256 4.921 4.596 4.292 4.031 3.855 3.828
10.0 9.663 9.326 8.988 8.65 8.311 7.971 7.631 7.289 6.945 6.599 6.252 5.902 5.55 5.196 4.842 4.49 4.15 3.845 3.667 3.824
10.0 9.662 9.324 8.985 8.646 8.305 7.964 7.621 7.276 6.929 6.579 6.226 5.869 5.506 5.138 4.761 4.374 3.971 3.533 2.985 2.0
10.0 9.661 9.322 8.982 8.642 8.301 7.958 7.613 7.266 6.916 6.563 6.205 5.841 5.469 5.086 4.69 4.275 3.828 3.33 2.739 2.0
10.0 9.661 9.321 8.981 8.64 8.297 7.954 7.608 7.259 6.907 6.551 6.189 5.82 5.441 5.049 4.64 4.205 3.737 3.22 2.641 2.0
10.0 9.66 9.32 8.98 8.638 8.296 7.951 7.605 7.256 6.903 6.545 6.181 5.809 5.427 5.03 4.613 4.171 3.693 3.173 2.605 2.0

```

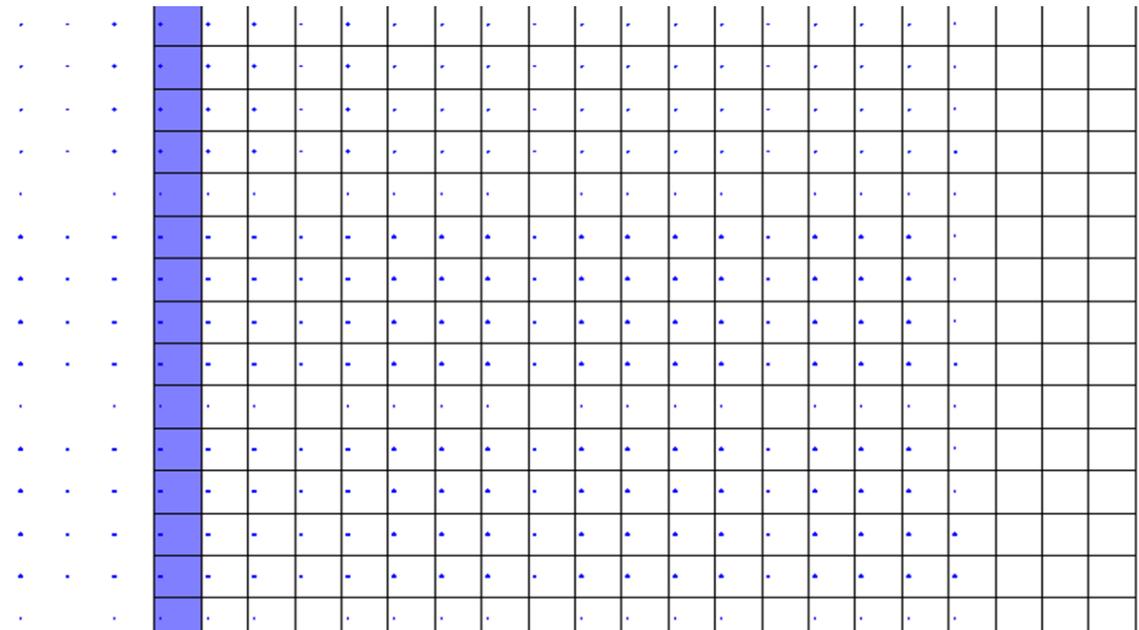
Na superfície do programa, apertando na aba **VISUALIZAR** irá aparecer no menu suspenso as opções **isolinhas** e **setas de fluxo**. Clicando em cada uma delas, o software gerará o resultado.



Isolinhas geradas pelo software

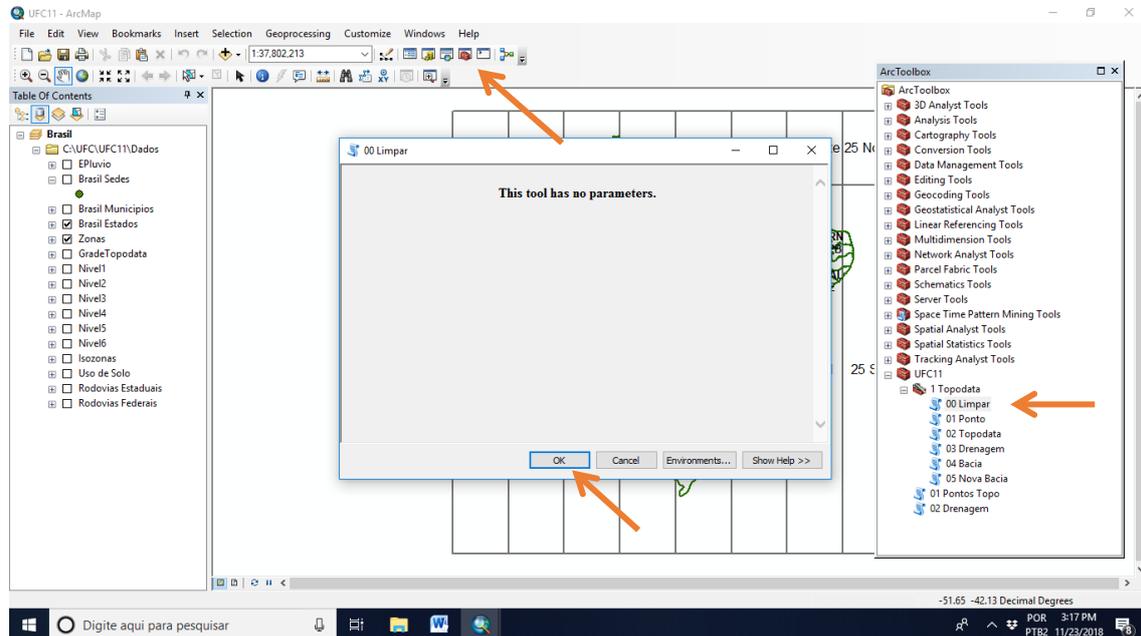


Setas de fluxo gerado pela simulação



## 6 CALIBRAÇÃO CROATÁ

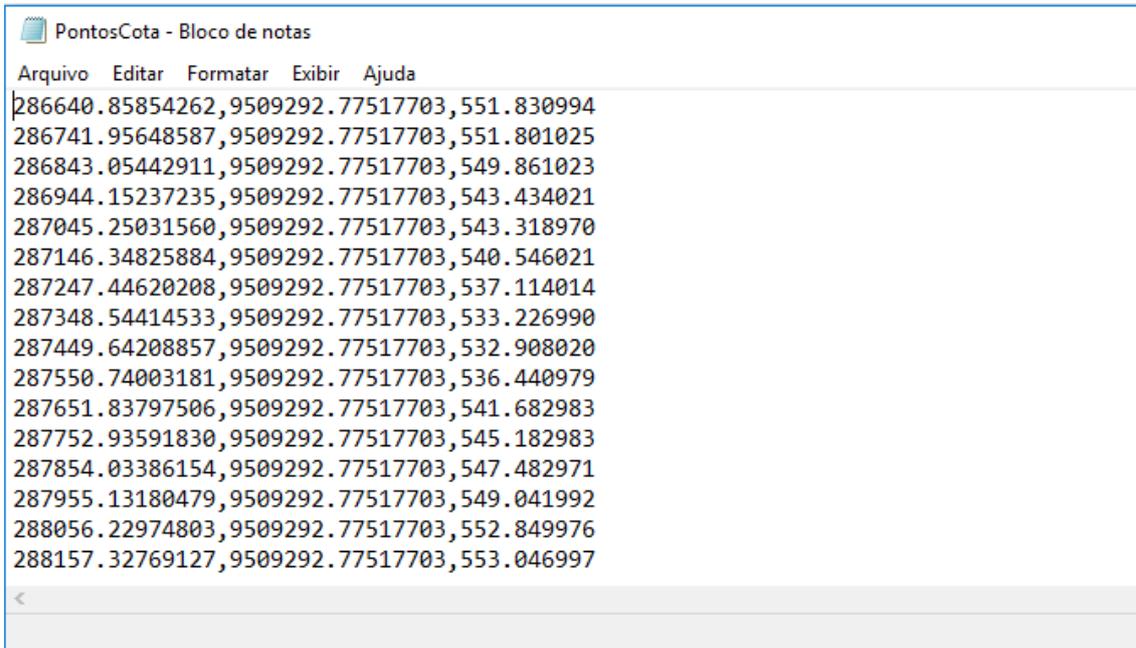
- 1º Passo – Abrir o software “C:/UFC/UFC 11/ UFC11”;
- 2º Passo – Abrir o ArcToolBox e selecionar o comando “Limpar”, em seguida pressionar “Ok” e aguardar alguns segundos;



- 3º Passo – Após o comando limpar, selecionar o comando “Pontos Topo” e preencher com os dados do exemplo:

Zona (optional)	
WGS_1984_UTM_Zone_24S	
Leste X1	286690.53598
Norte Y1	9516195.26791
Leste X2	298116.346635
Norte Y2	9509342.4334
Delta X (m)	100
Delta Y (m)	100
Intervalo entre as Curvas de Nivel	10

4º Passo – Verificar se foi gerado o arquivo “PontosCota.txt” na pasta “C:/UFC/UFC11/Saída”;



5º Passo – Adquirir na base de dados da CPRM informações dos poços de vazão e de observação para a área estudada. Para os poços de vazão são necessários os dados das coordenadas X, Y e vazão. Para os poços de observação são necessários os dados das coordenadas X, Y e Nível Estático;

6º Passo – Criar um arquivo “TodosOsPoços.txt” com as coordenadas X, Y de todos os poços;

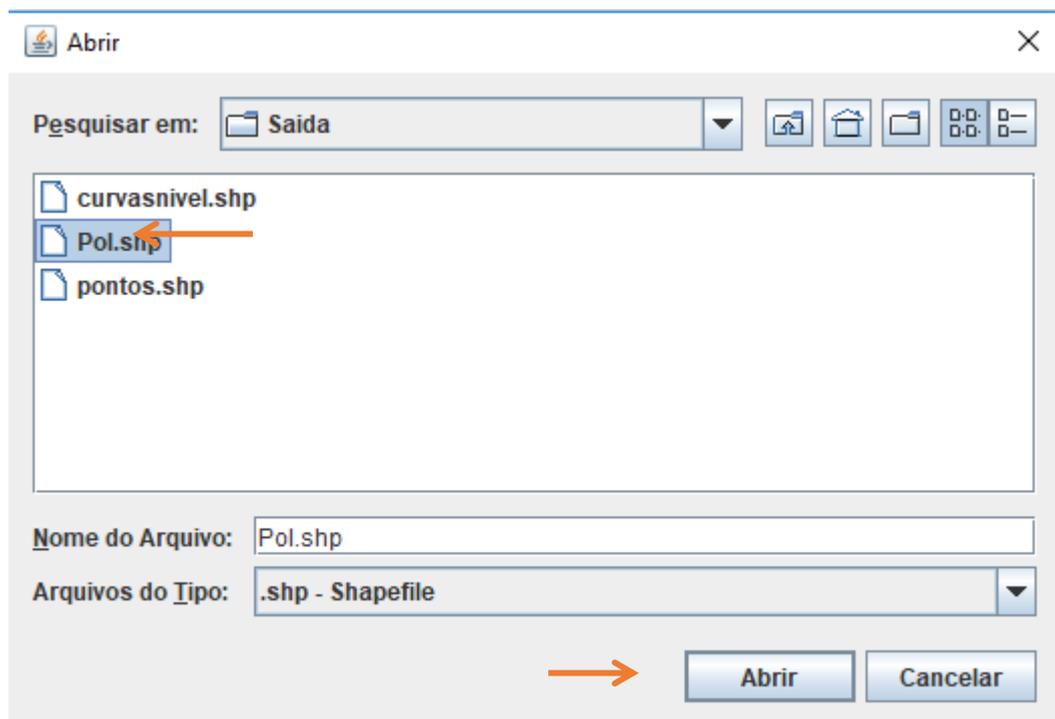
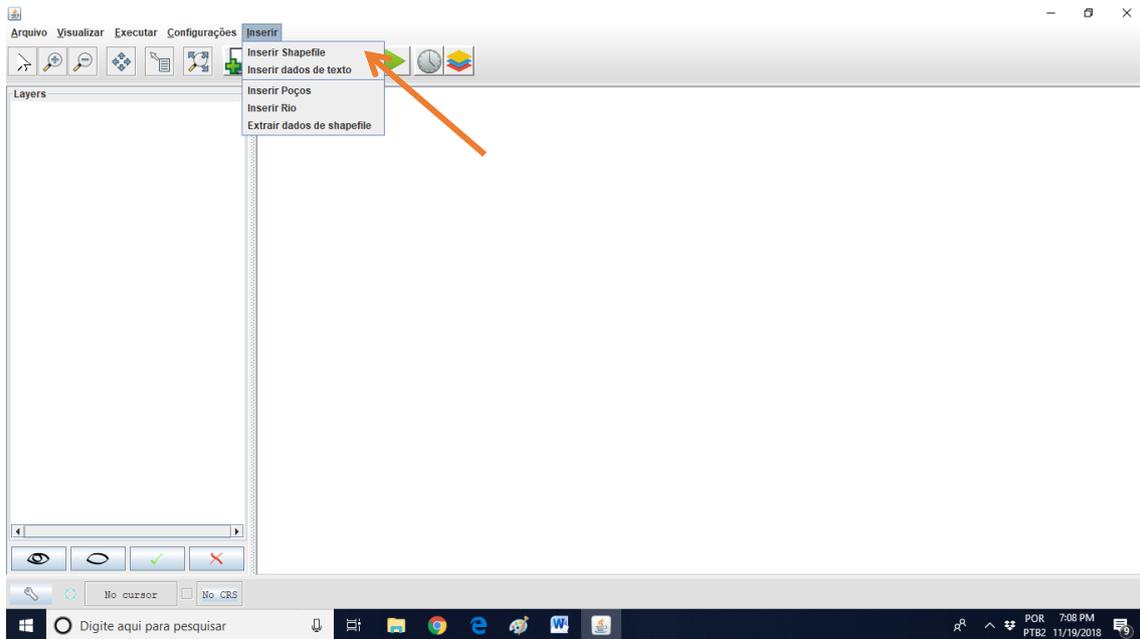
7º Passo – Criar um arquivo “PoçosBombeamento.txt” com as coordenadas X, Y e vazão de todos os poços de bombeamento;

8º Passo – Criar um arquivo “PoçosObservação.txt” com as coordenadas X,Y e Nível Estático de todos os poços de bombeamento;

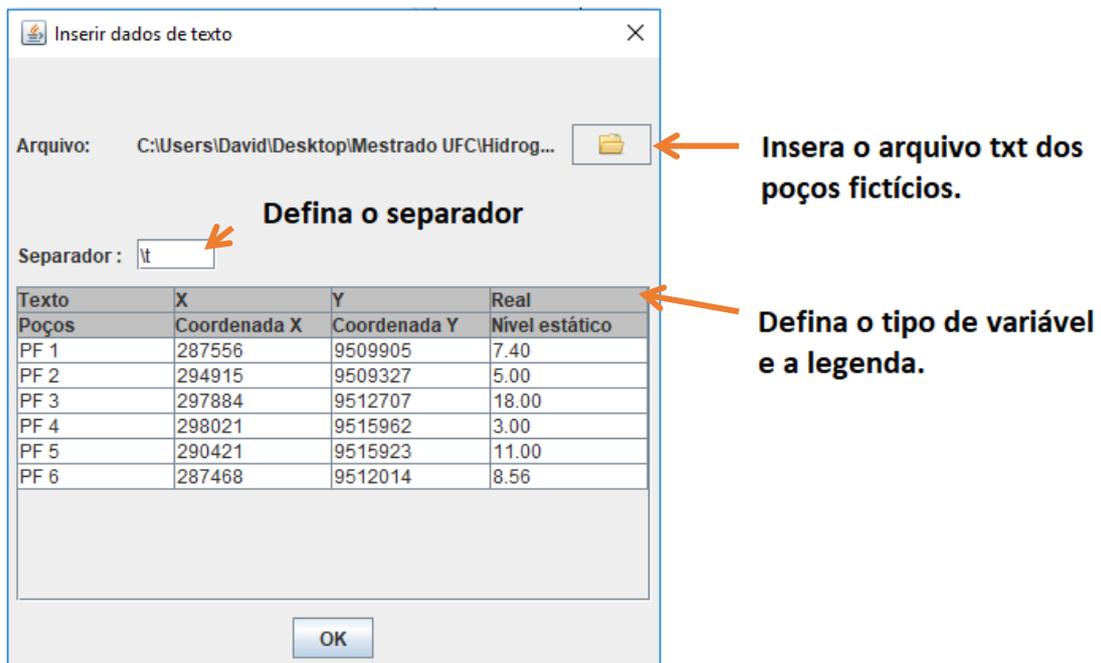
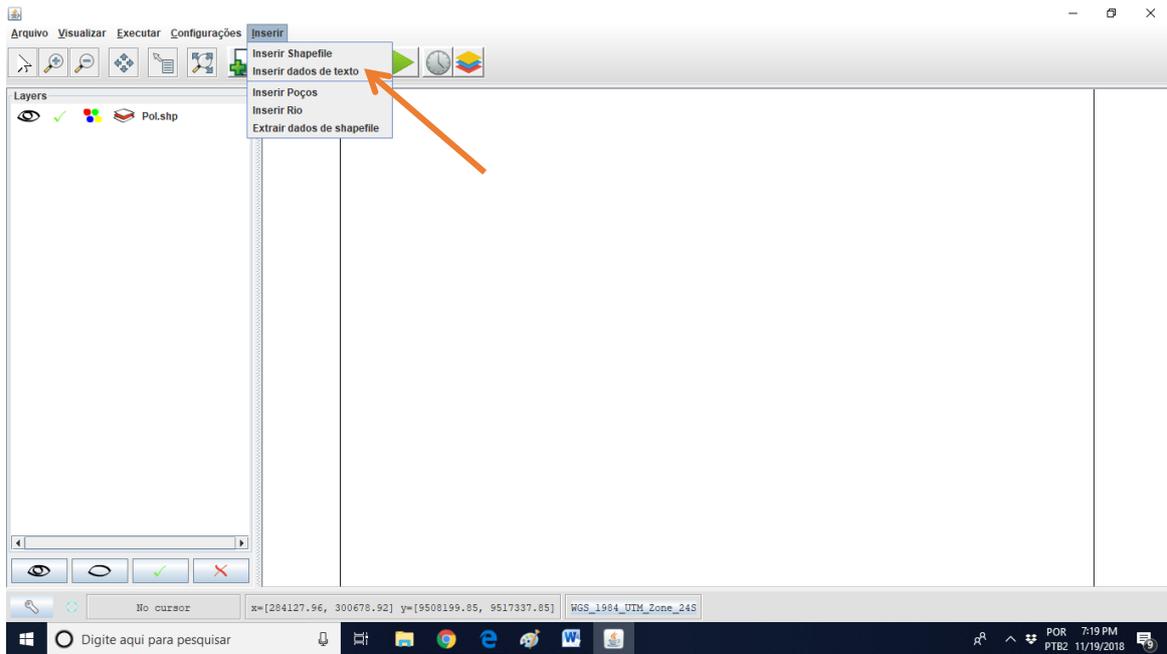
9º Passo – Criar um arquivo “PoçosFictícios.txt” com as coordenadas X,Y e Nível Estático. Os poços fictícios são poços criados de forma que o polígono gerado por eles engloba toda a região que será estudada. Seu Nível estático será igual ao do poço mais próximo. Os poços fictícios são criados com o objetivo de determinar as condições de contorno.

10º Passo - Abrir o software “C:/ UFC Flow/ ufcflow”;

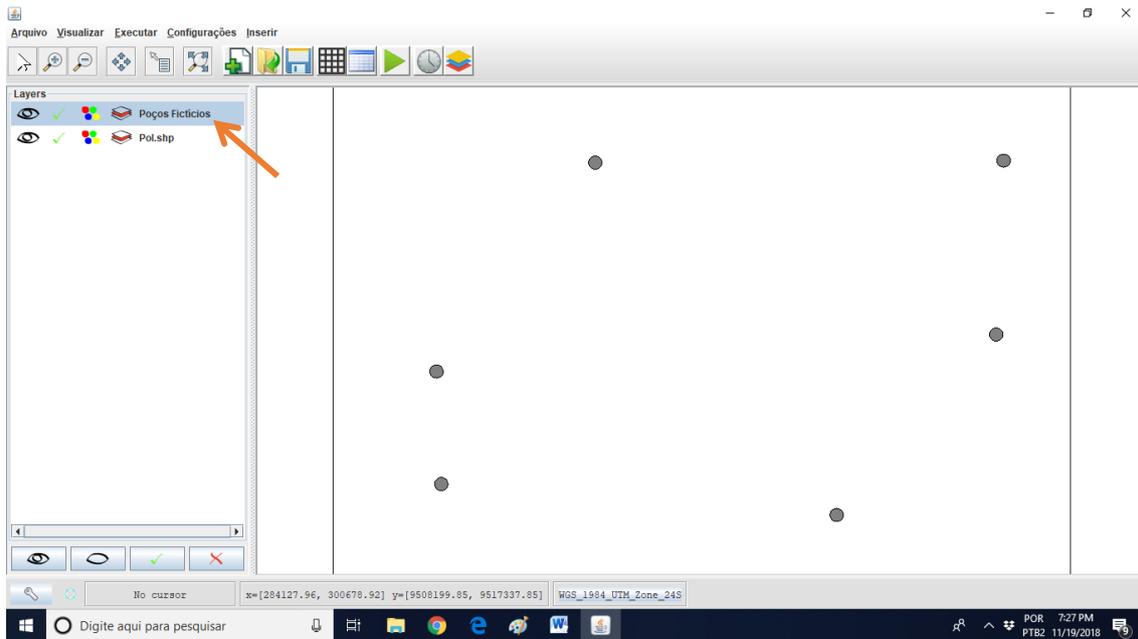
11º Passo – Inserir o shapefile da área. Este se encontra na pasta de saída do UFC 11, com o nome Pol;



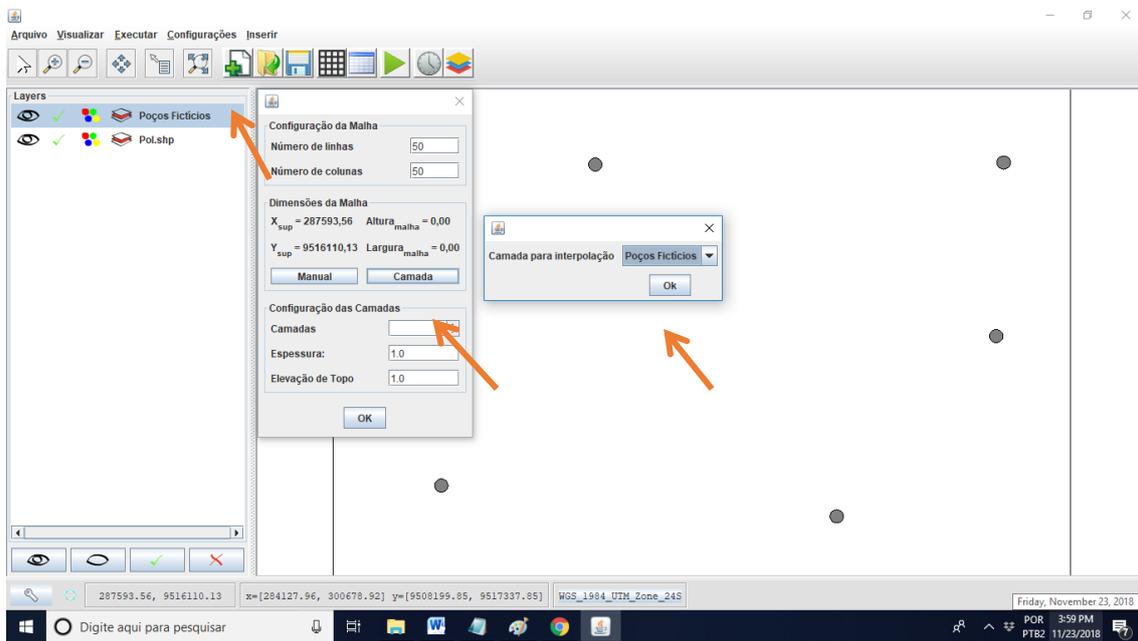
12º Passo – Inserir os pontos dos poços fictícios com o comando “Inserir dados de texto”.



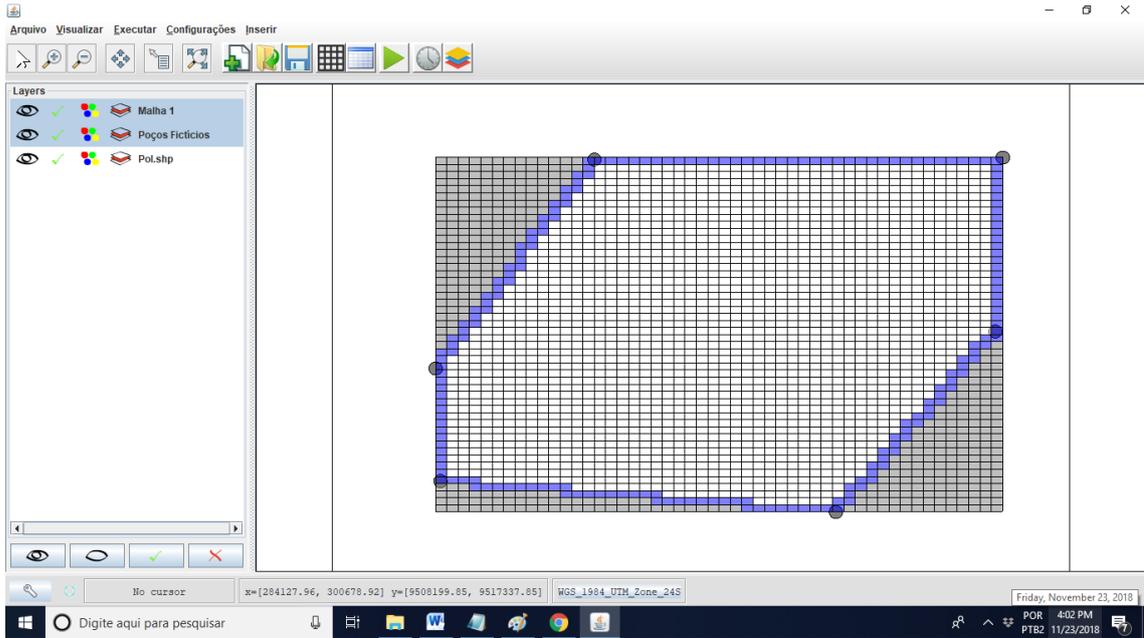
13º Passo – Renomear a nova camada para “Poços Fictícios”;



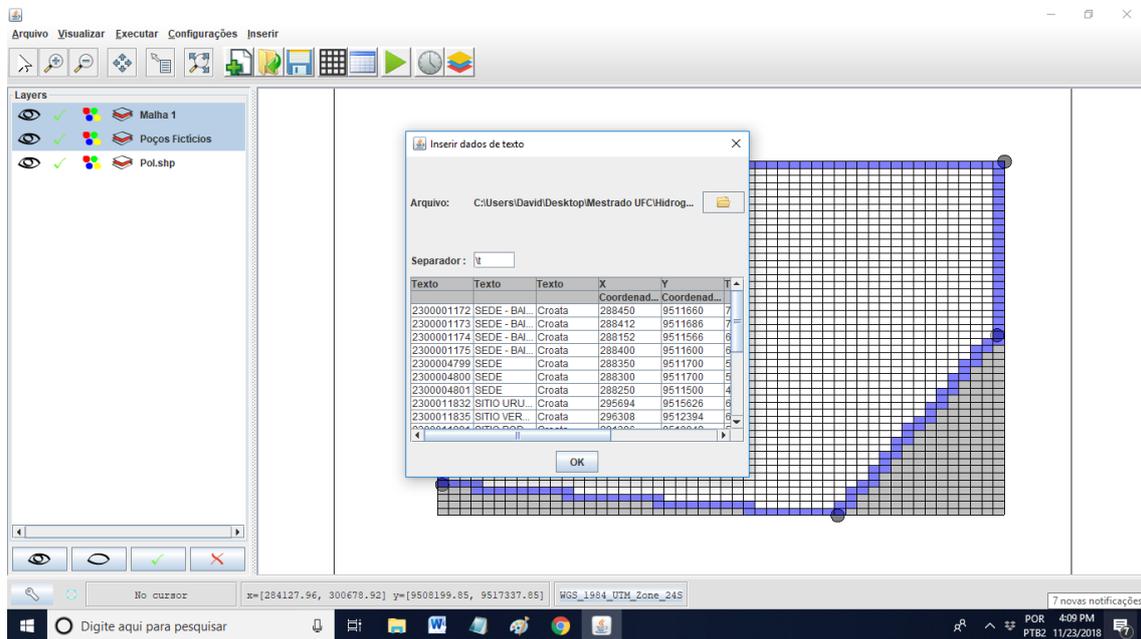
14º Passo – Com o comando “Criar novo”, criar uma malha 50 x 50, utilizando a camada “Poços Fictícios”;



O resultado obtido será a seguinte malha:

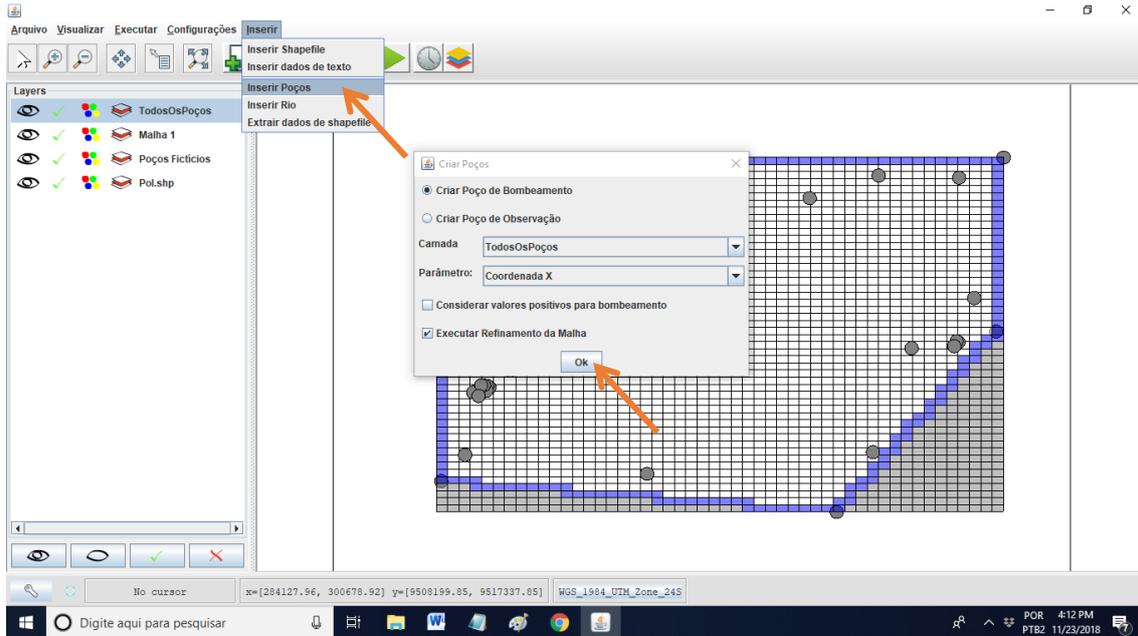


15º Passo – Com o comando “Inserir dados de texto”, inserir todos os poços;

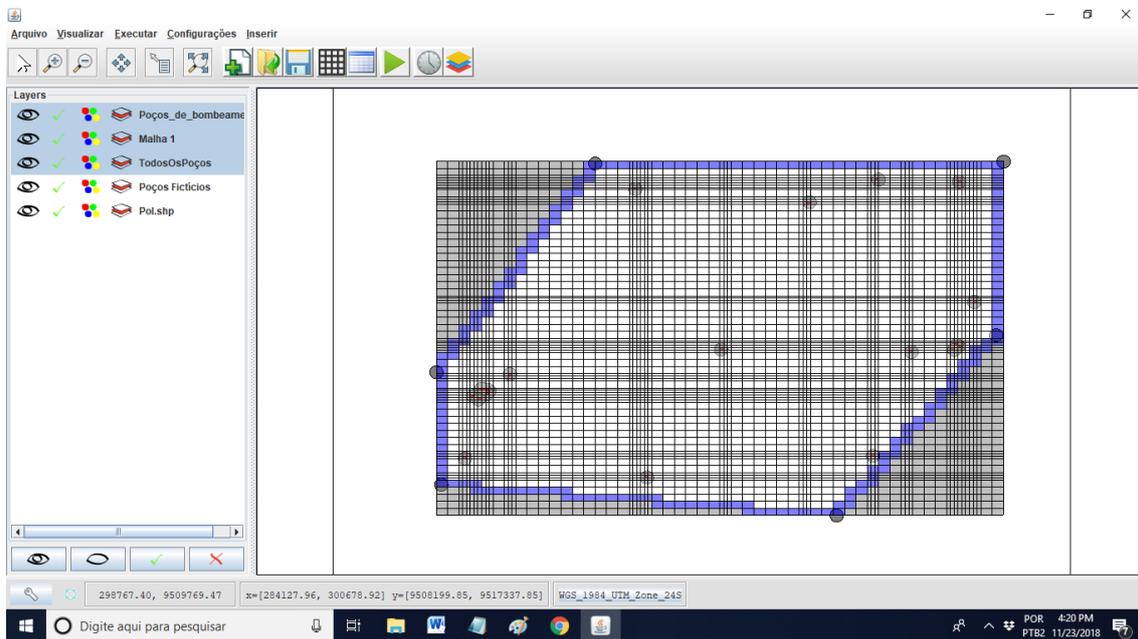


16º Passo – Renomear a nova camada para “TodosOsPoços”;

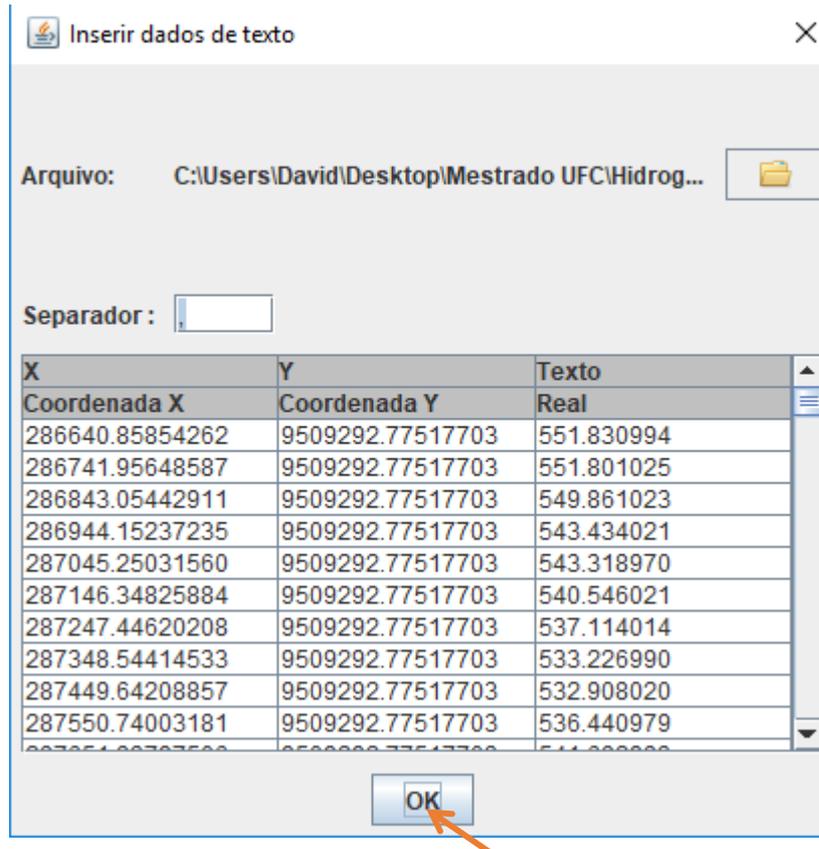
17º Passo – Com a função “Inserir poços”, executar o refinamento da malha utilizando a camada “TodosOsPoços”;



O resultado será o seguinte:

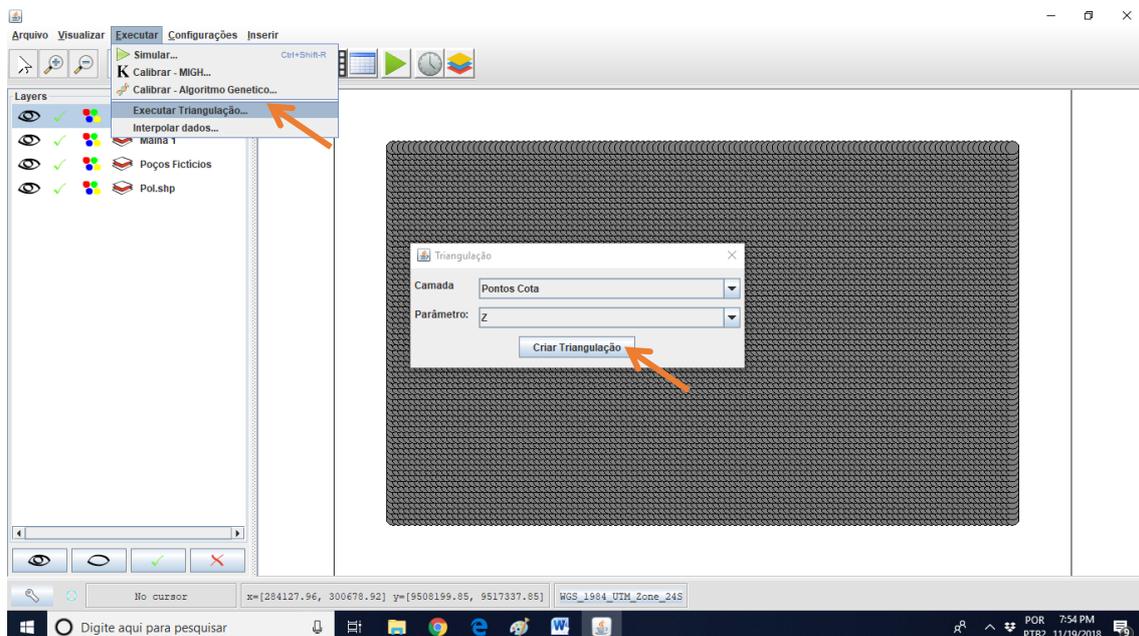


18º Passo – Com o comando “Inserir dados de texto”, inserir o arquivo “PontosCota.txt”, que se encontra na pasta de Saída do UFC 11;



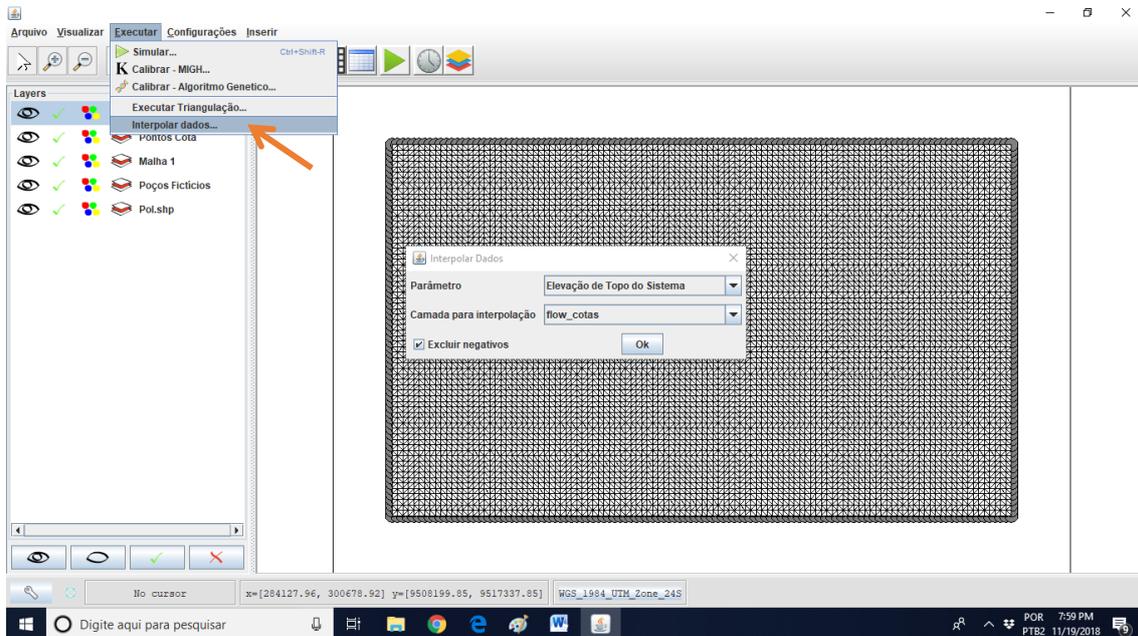
19º Passo – Renomear a nova camada para “Pontos Cota”;

20º Passo – Executar triangulação utilizando a camada “Pontos Cota” e o parâmetro Z;

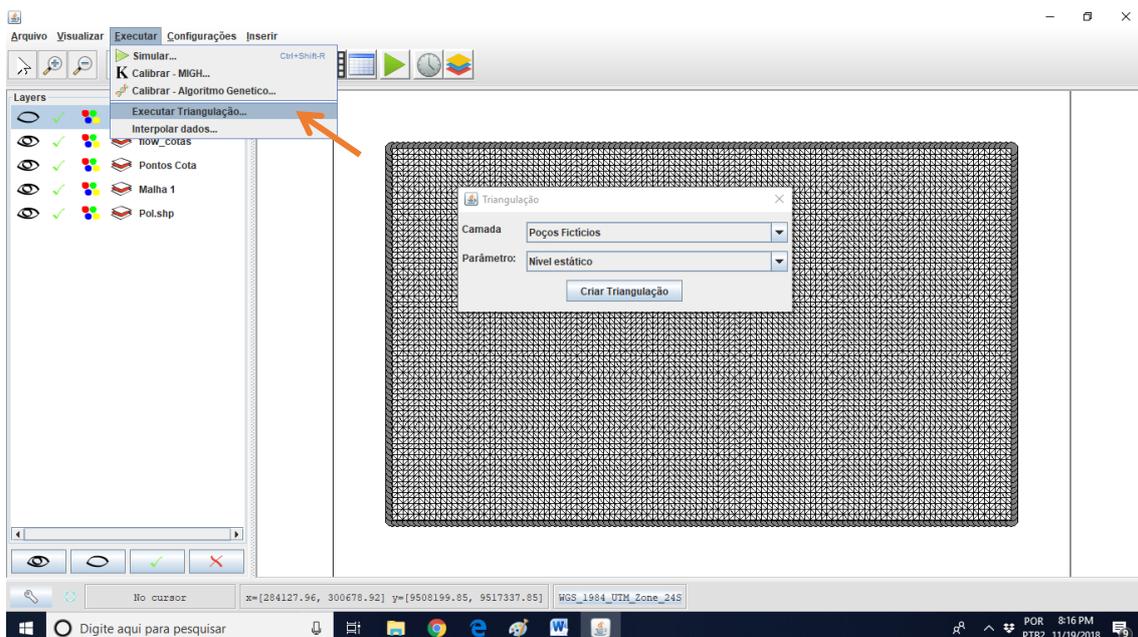


21º Passo – Renomear a nova camada para “flow\_cotas”;

22º Passo – Com o comando “Interpolador dados” interpolar os valores obtidos pela camada “flow\_cotas” e o parâmetro elevação de topo do sistema;

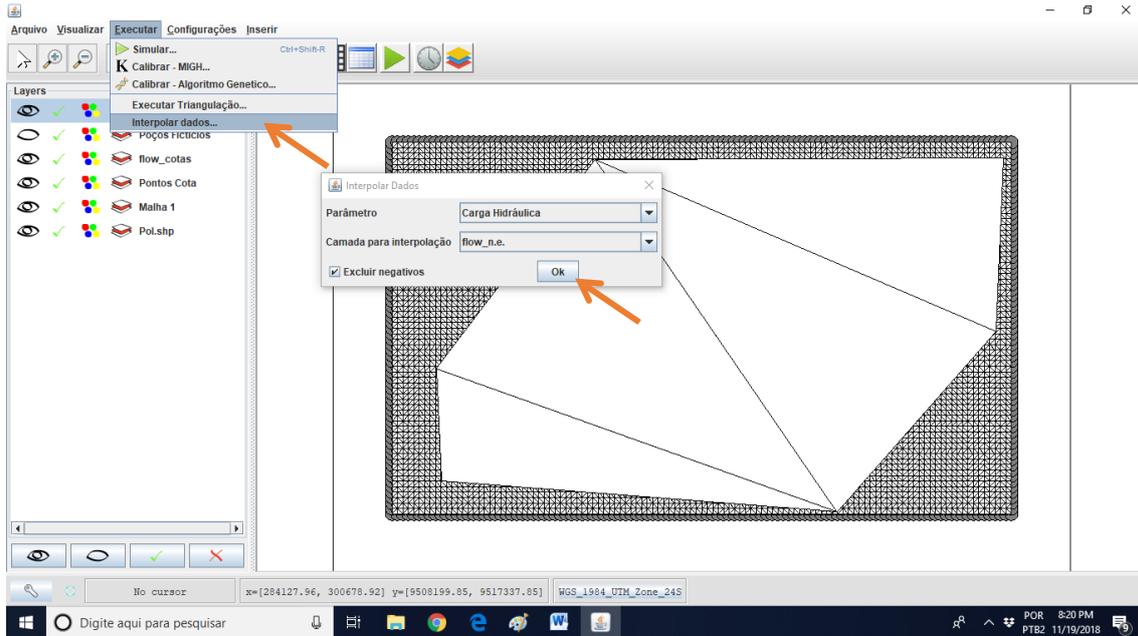


23º Passo – Com o comando “Executar triangulação”, triangular os níveis estáticos com a camada “Poços Fictícios”;

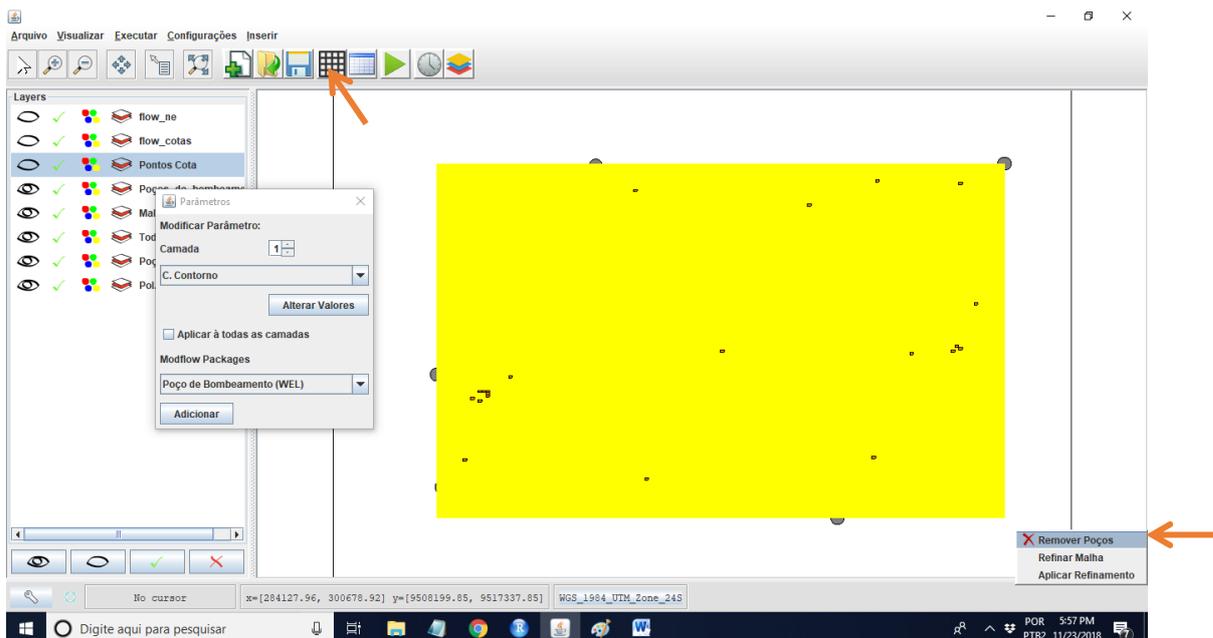


24º Passo – Renomear a nova camada para “flow\_n.e.”;

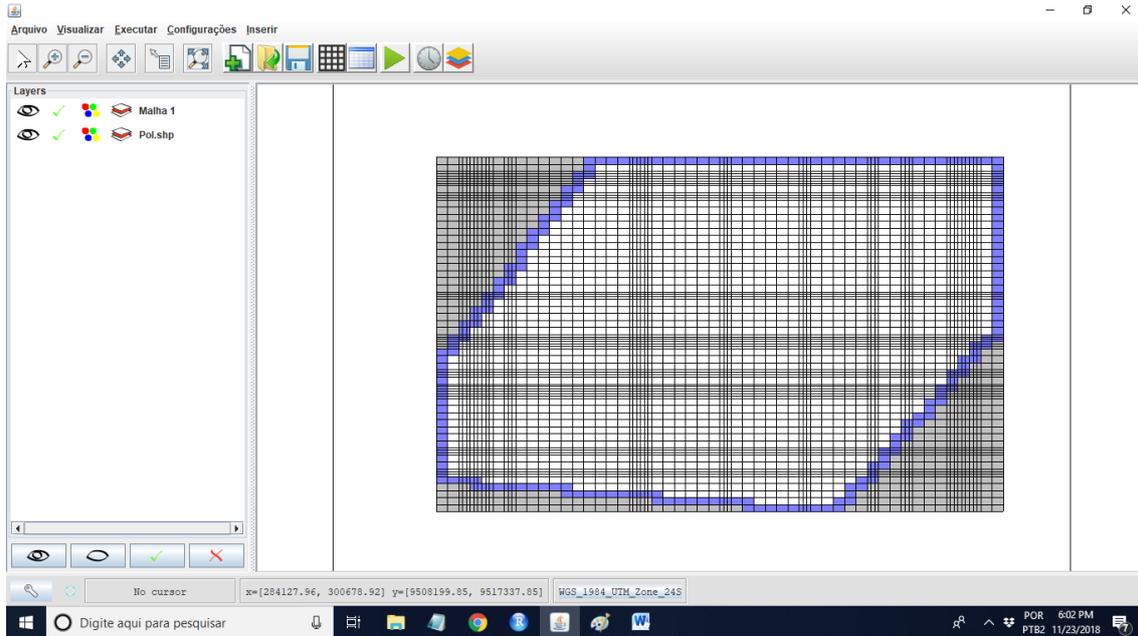
25º Passo – Com o comando “Interpolador dados”, interpolar as cargas hidráulicas com a camada “flow\_n.e.”;



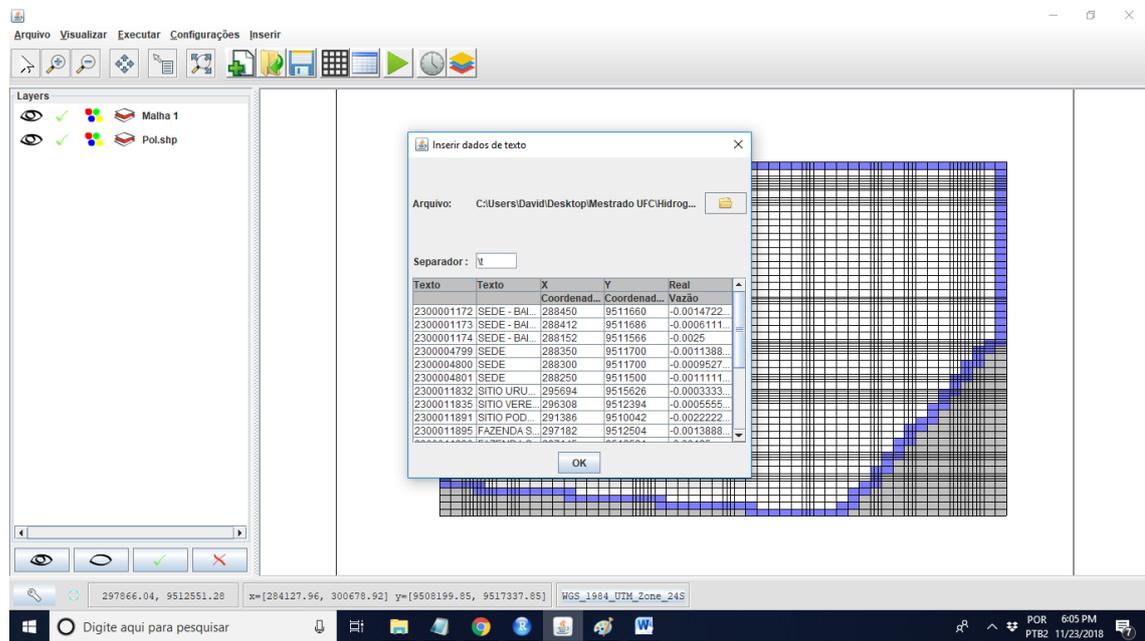
26º Passo – Utilizar o comando “Altera vista para condições de contorno” e em seguida, com o botão direito do mouse, seleccionar toda a área e remover os poços inseridos. Aguardar alguns segundos.



27º Passo – Apagar as camadas “Poços Fictícios”, “PontosCota”, “TodosOsPoços”, “Poços\_de\_Bombeamento”, “flow\_cotas”, “flow\_n.e.” O resultado é o seguinte:



28º Passo – Com o comando “Inserir dados de texto”, inserir o arquivo “PoçosBombeamento.txt”, utilizando os dados de Coordenada X, Y e vazão;

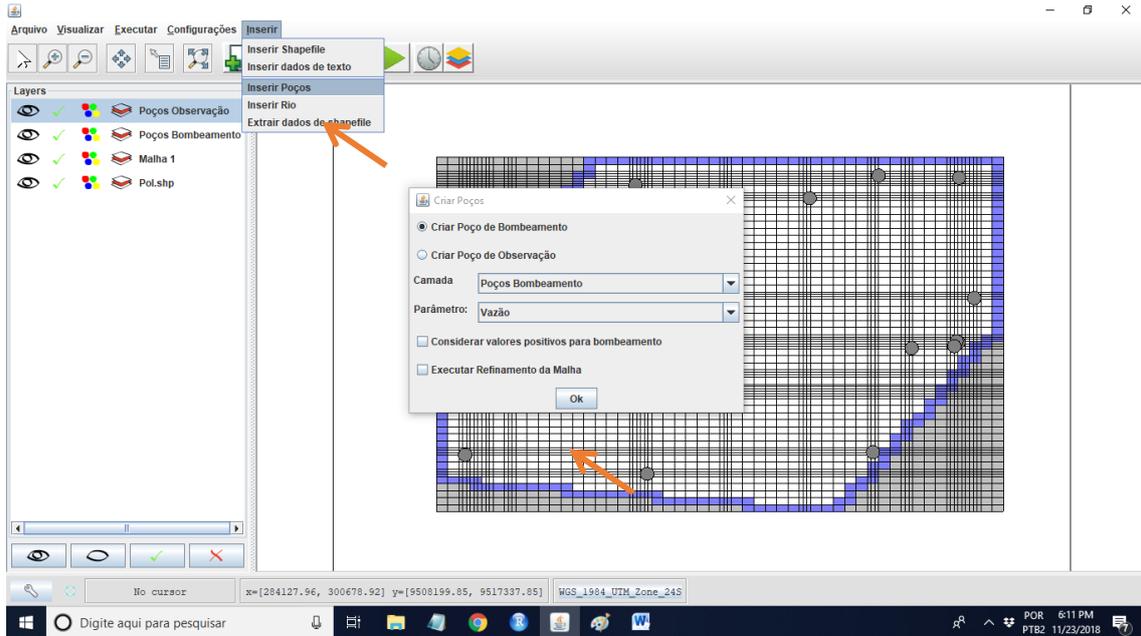


29º Passo – Renomear a nova camada para “Poços Bombeamento”;

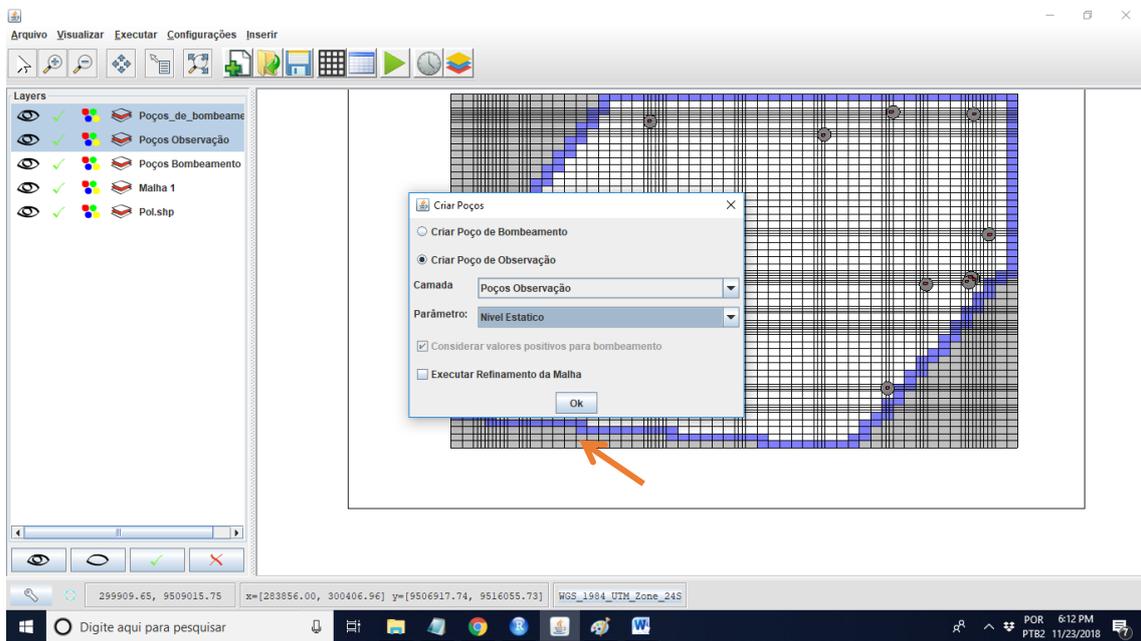
30º Passo - Com o comando “Inserir dados de texto”, inserir o arquivo “PoçosObservação.txt”, utilizando os dados de Coordenada X, Y e Nível Estático;

31º Passo – Renomear a nova camada para “ Poços Observação”;

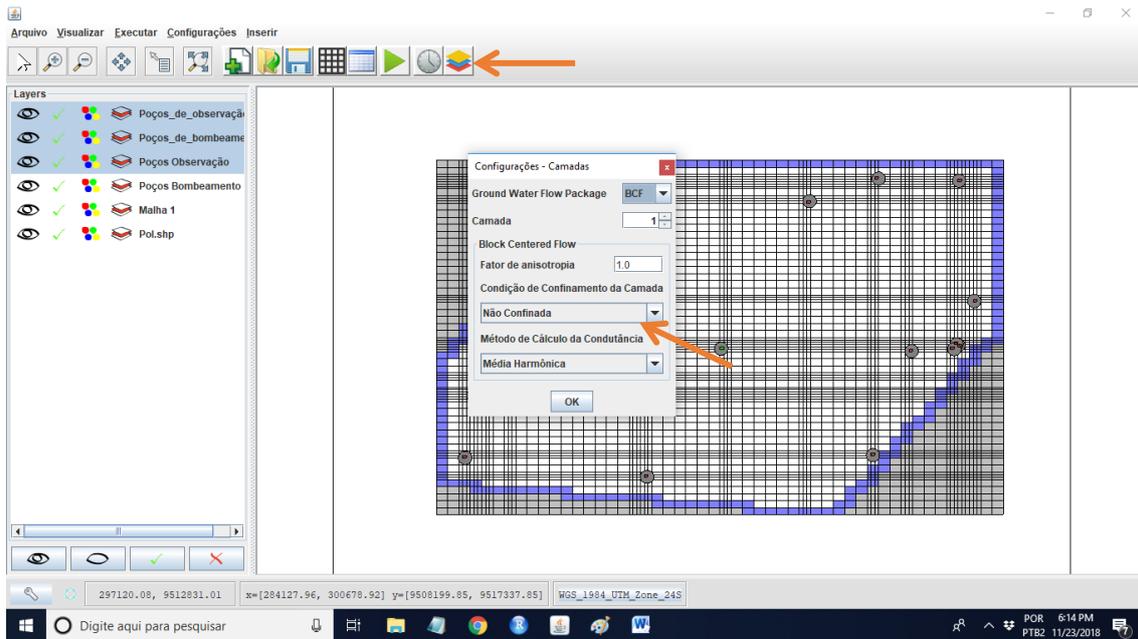
32º Passo - Com o comando “Inserir poços” inserir os poços de bombeamento, utilizando como parâmetro a vazão;



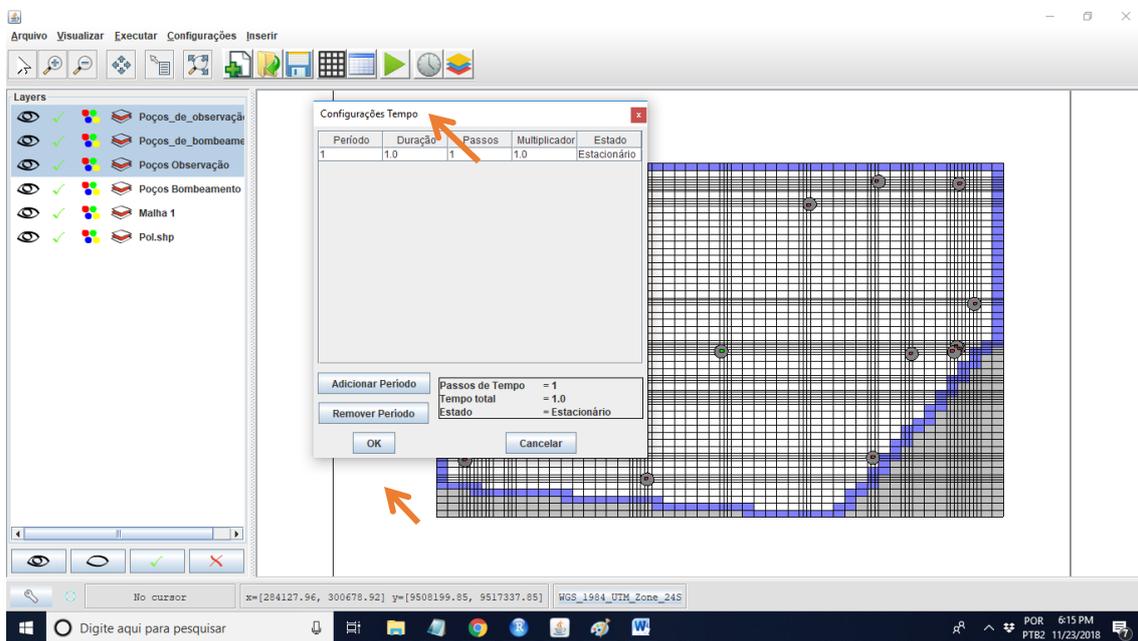
33º Passo - Em seguida, com o comando “Inserir poços”, inserir os poços de observação, utilizando como parâmetro o nível estático;



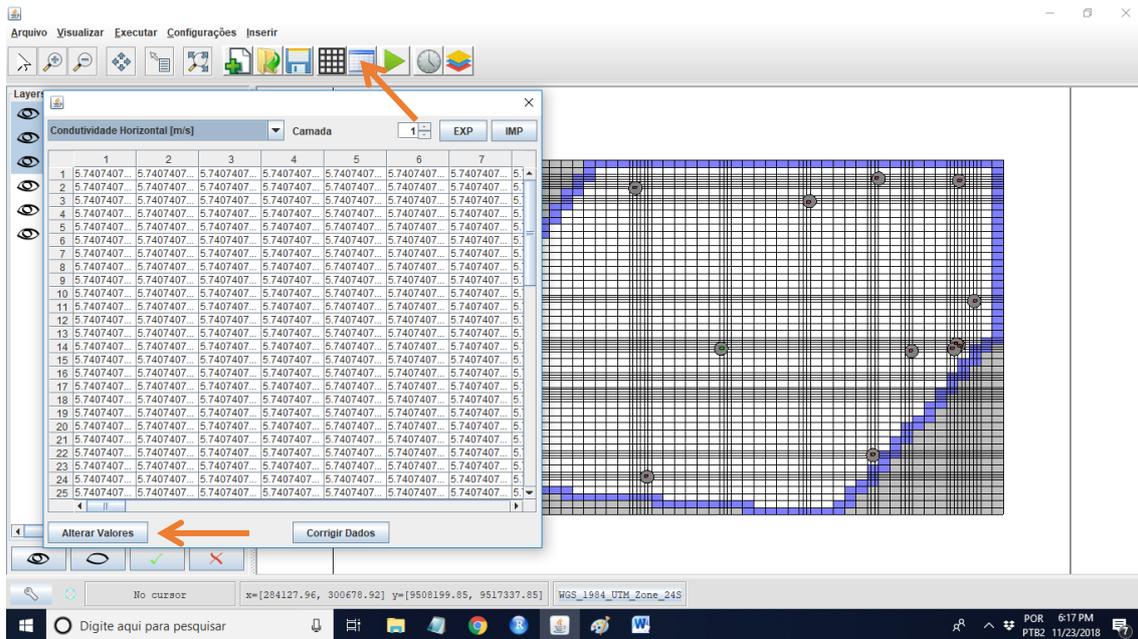
34º Passo – Nas configurações das condições de fluxo na camada, alterar a condição de confinamento da camada para “Não Confinada”;



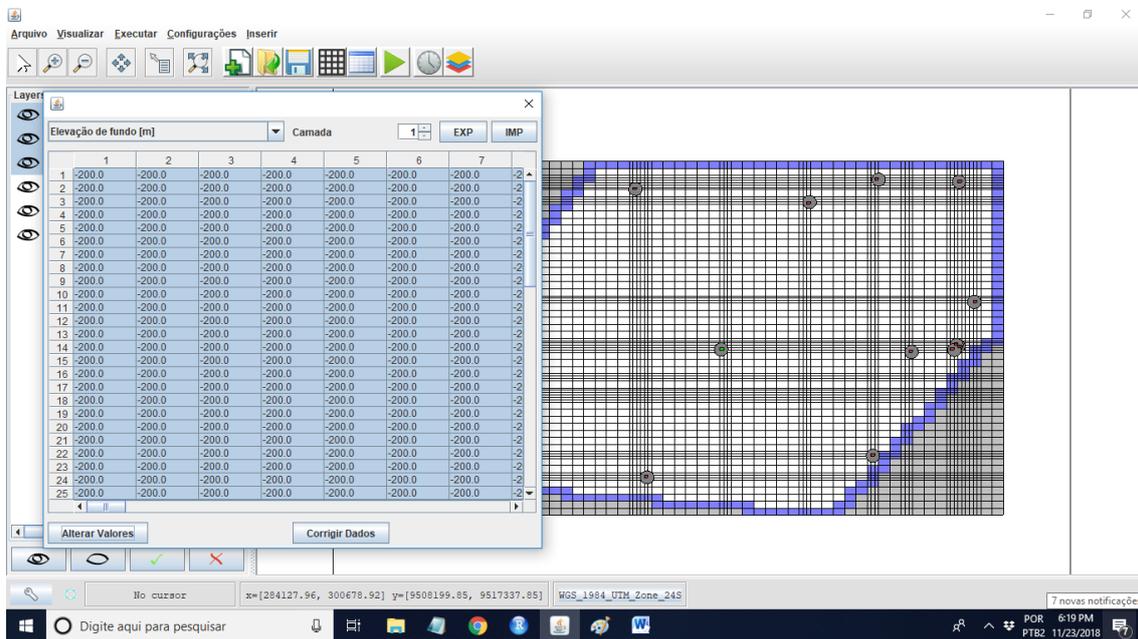
35° Passo – Nas configurações de opção de tempo da simulação, utilizar os valores default;



36° Passo - Na tabela de atributos, adotar o valor para a condutividade hidráulica horizontal de  $5.740740741e-5$  (valor de condutividade para areia);

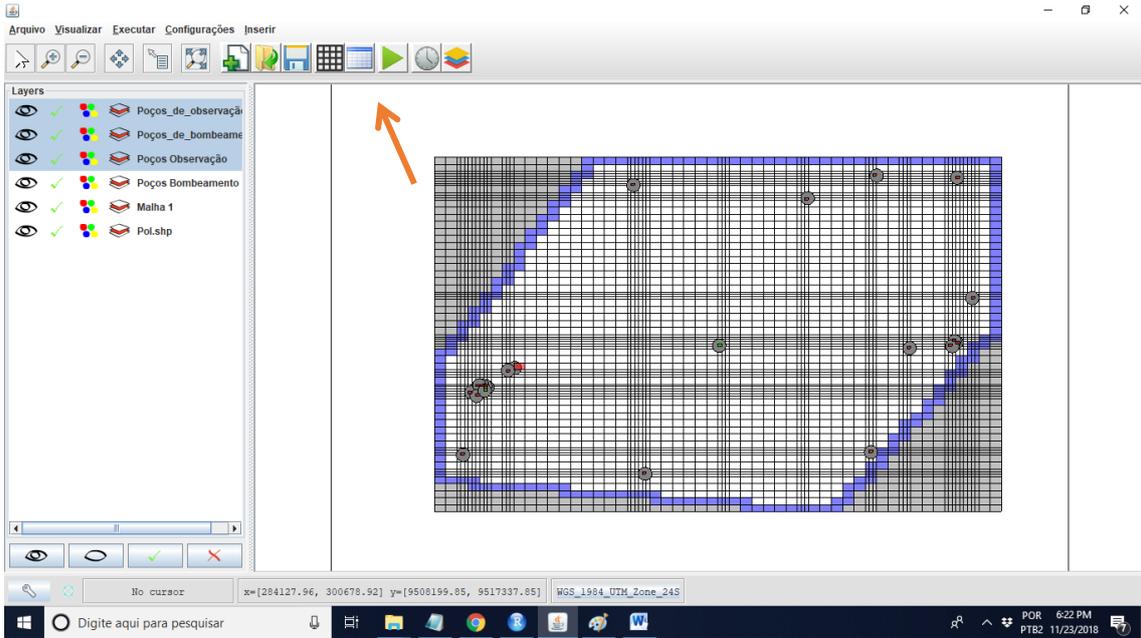


37º Passo – Na tabela de atributos, adotar o valor para a elevação de fundo de -200m.



38º Passo – Salvar o arquivo;

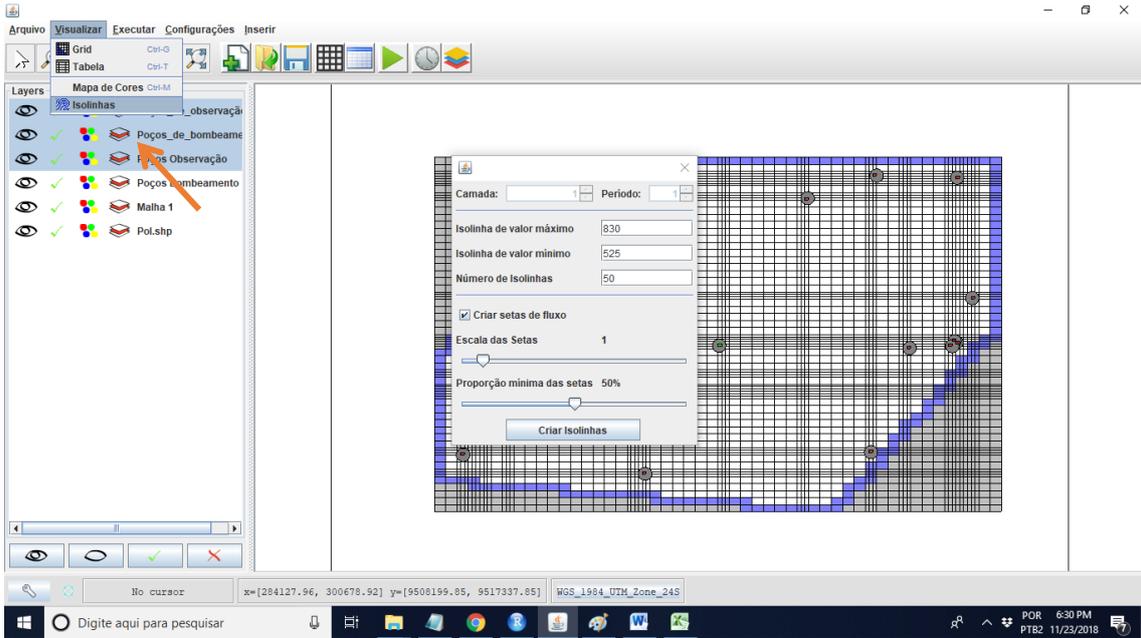
39º Passo – Executar a simulação ModFlow;



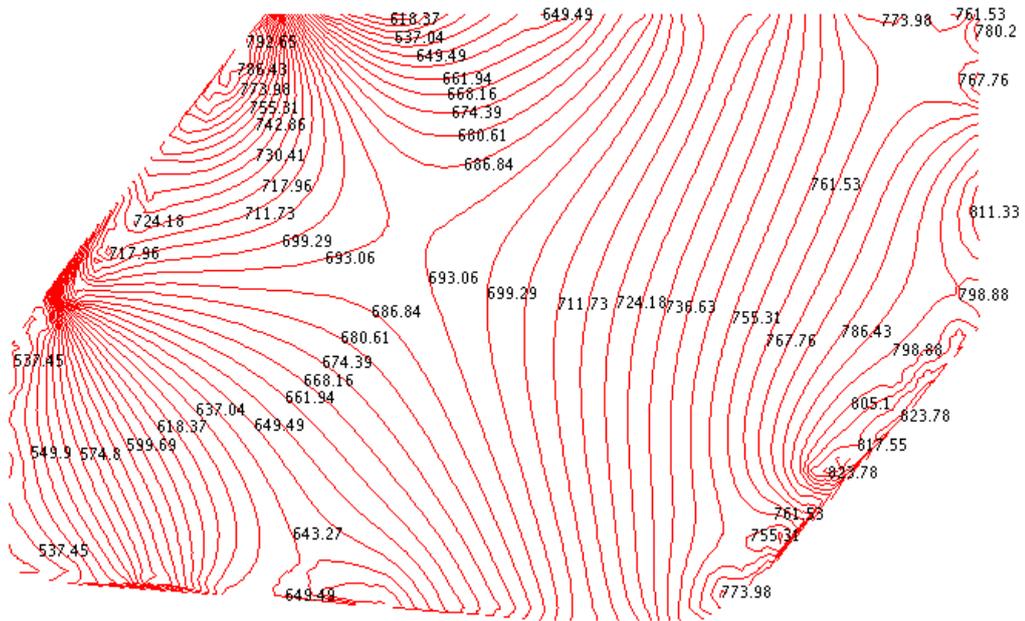
40° Passo – Verificar a tabela de cargas hidráulicas;

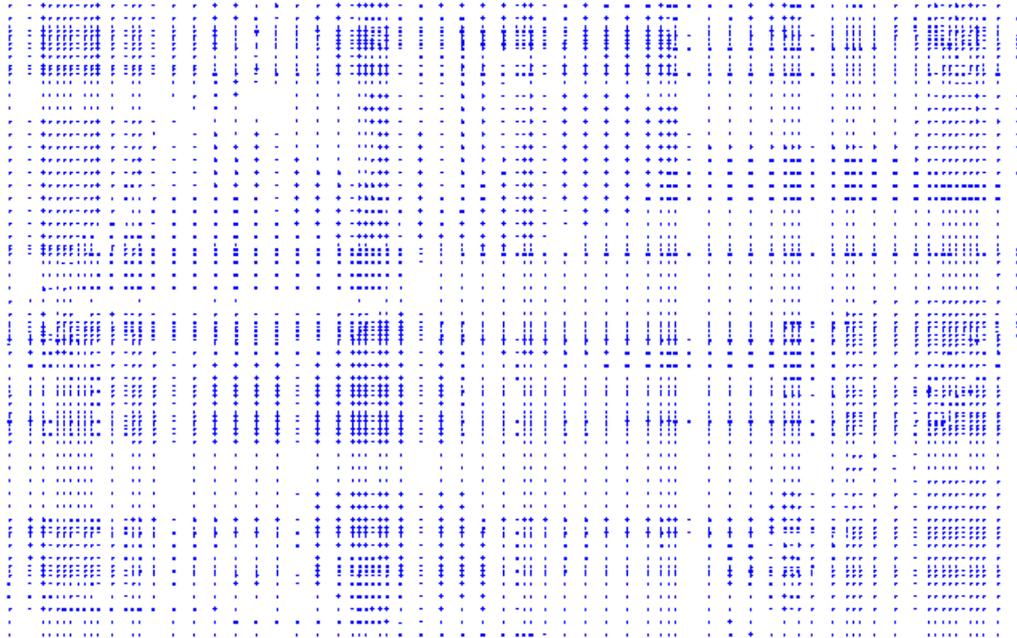
Carga Hidráulica [m]		Camada																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
29	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	891.671	701.839	712.581	710.913	705.844	703.893	702.472	700.395	698.802
30	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	820.383	852.717	879.636	889.626	899.135	705.195	699.365	699.301	695.115	694.231	692.947	692.219
31	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	859.797	873.353	885.351	884.436	885.325	886.301	685.995	685.39	685.165	685.036	684.959	685.385	685.385
32	-999.99	-999.99	555.445	573.465	620.369	653.379	669.218	678.841	672.728	670.98	671.089	672.601	674.064	674.584	674.758	675.417	676.681	678.42
33	-999.99	-999.99	547.886	556.951	576.744	605.608	625.049	637.754	644.878	649.645	653.252	659.026	662.723	664.344	665.788	668.387	671.465	
34	-999.99	541.936	545.164	551.619	576.864	593.346	609.963	622.575	631.442	637.907	642.861	650.701	655.621	657.762	659.655	663.036	666.943	
35	-999.99	543.135	545.989	551.075	561.809	585.929	603.768	616.28	625.542	632.541	637.996	646.589	652.161	654.541	656.645	660.394	664.702	
36	-999.99	543.094	547.695	548.847	562.347	583.521	599.138	611.169	620.469	627.736	633.523	642.869	648.922	651.416	653.711	657.602	662.491	
37	-999.99	544.888	550.423	555.125	566.472	582.125	595.808	607.056	616.138	623.469	629.444	639.253	645.615	648.395	650.882	655.295	660.315	
38	-999.99	542.99	552.396	558.701	568.784	581.396	593.353	603.73	612.446	619.698	625.745	635.848	642.544	645.485	648.103	652.788	658.176	
39	-999.99	542.386	553.705	560.737	570.026	580.85	591.453	601.004	609.288	616.366	622.397	632.651	639.614	642.689	645.438	650.375	656.078	
40	535.603	539.029	555.156	562.945	571.186	579.815	588.368	596.445	603.827	610.443	616.314	626.639	634.017	637.313	640.288	645.669	651.958	
41	534.3	544.94	557.698	564.344	571.216	578.196	585.111	591.79	598.108	603.992	609.414	619.291	626.801	630.307	633.469	639.205	645.218	
42	531.967	547.404	558.892	564.724	570.643	576.686	582.489	588.209	593.737	598.999	603.955	613.225	620.74	624.215	627.454	633.489	640.923	
43	532.276	548.511	559.269	564.662	570.1	575.543	580.938	586.226	591.255	596.283	600.981	609.838	617.23	620.641	623.946	630.055	637.695	
44	532.358	549.022	558.422	564.599	569.811	575.026	580.199	585.281	590.227	594.999	599.571	608.231	615.567	618.997	622.269	628.396	636.125	
45	534.167	549.644	559.548	564.508	569.506	574.511	579.482	584.376	589.154	593.782	598.234	606.706	613.982	617.406	620.662	626.796	634.602	
46	539.763	550.85	559.744	564.272	568.864	573.48	578.081	582.632	587.1	591.46	595.687	603.797	610.943	614.335	617.568	623.701	631.641	
47	541.141	551.43	559.62	563.82	568.1	572.417	576.736	581.018	585.245	589.392	593.443	601.25	608.258	611.603	614.807	620.918	628.943	
48	542.408	551.627	559.5	563.554	567.693	571.875	576.068	580.235	584.353	588.394	592.361	600.023	606.961	610.282	613.472	619.569	627.633	
49	542.96	551.707	559.316	563.244	567.26	571.319	575.401	579.462	583.482	587.437	591.316	598.84	605.71	609.007	612.181	616.263	626.36	
50	543.344	551.866	559.069	562.892	566.801	570.745	574.733	578.697	582.628	586.501	590.303	597.696	604.5	607.773	610.932	616.998	626.124	
51	543.327	551.5	558.758	562.499	566.319	570.18	574.067	577.936	581.787	585.584	589.315	596.587	603.327	606.578	609.721	615.771	623.924	
52	542.543	551.211	558.389	562.067	565.813	569.597	573.398	577.19	580.96	584.685	588.351	595.51	602.189	605.418	608.547	614.581	622.759	
53	540.124	550.441	557.551	561.135	564.756	568.4	572.052	575.698	579.323	582.915	586.461	593.405	599.974	603.16	605.251	612.205	620.491	
54	539.097	549.11	556.069	559.544	563.025	566.509	569.992	573.466	576.925	580.36	583.763	590.461	596.889	600.026	603.094	609.067	617.368	
55	535.58	547.571	554.486	557.868	561.223	564.565	567.9	571.229	574.549	577.857	581.145	587.646	593.975	597.079	600.13	606.095	614.49	
56	536.187	546.622	553.057	556.236	559.409	562.586	565.771	568.964	572.163	575.362	578.559	584.907	591.178	594.268	597.318	603.307	611.831	
57	538.428	545.945	551.663	554.572	557.53	560.528	563.562	566.626	569.716	572.826	575.95	582.19	588.448	591.545	594.615	600.668	609.37	
58	538.595	544.626	550.009	552.693	555.459	558.295	561.193	564.145	567.144	570.185	573.259	579.437	585.733	588.963	591.979	598.144	607.087	
59	536.483	543.09	547.959	550.48	553.084	555.797	558.583	561.444	564.376	567.371	570.421	576.589	582.983	586.176	589.369	595.705	604.963	
60	536.333	541.736	546.348	548.756	551.283	553.91	556.632	559.447	562.349	565.331	568.384	574.586	581.093	584.353	587.621	594.123	603.641	
61	535.618	540.99	545.494	547.843	550.332	552.922	555.613	558.406	561.297	564.276	567.333	573.56	580.132	583.43	586.742	593.336	602.992	
62	534.464	540.185	544.596	546.869	549.337	551.889	554.549	557.322	560.203	563.183	566.25	572.508	579.153	582.495	585.857	592.556	602.355	
63	532.343	538.49	542.73	544.936	547.268	549.725	552.318	555.051	557.922	560.914	564.008	570.344	577.154	580.595	584.069	591.008	601.096	
64	530.988	535.845	539.573	541.555	543.678	545.958	548.422	551.108	554.018	557.091	560.274	566.791	573.912	577.56	581.291	588.774	599.237	

41° Passo – Gerar as Isolinhas e setas de fluxo, no comando “Isolinhas”;



Os resultados obtidos serão:





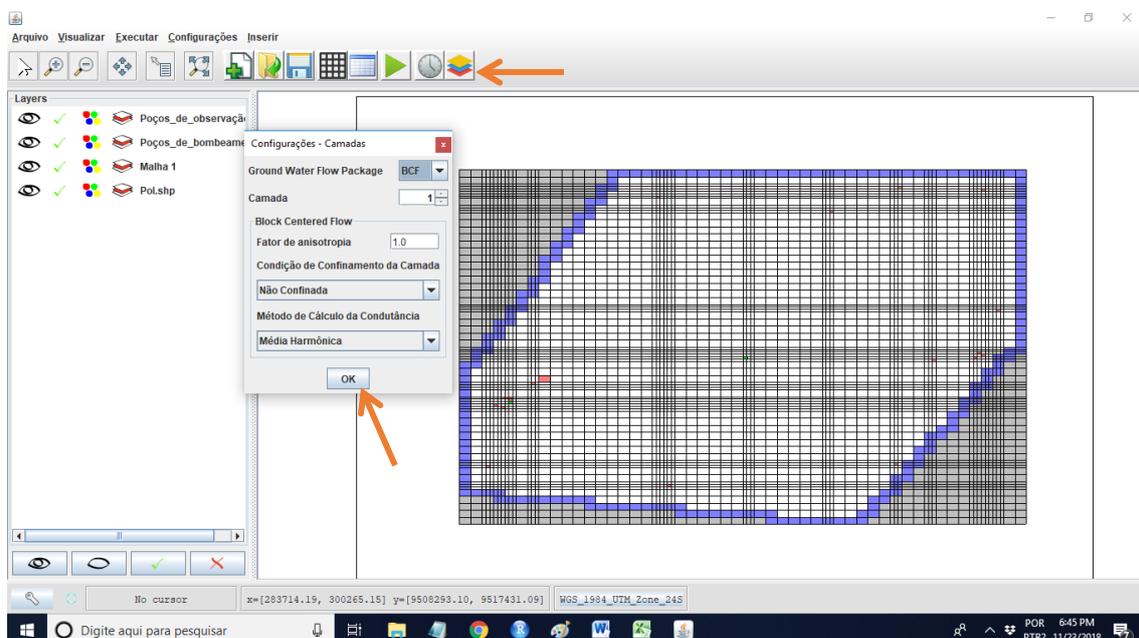
42° Passo – Fechar o programa;

43° Passo – Abrir o UFC Flow;

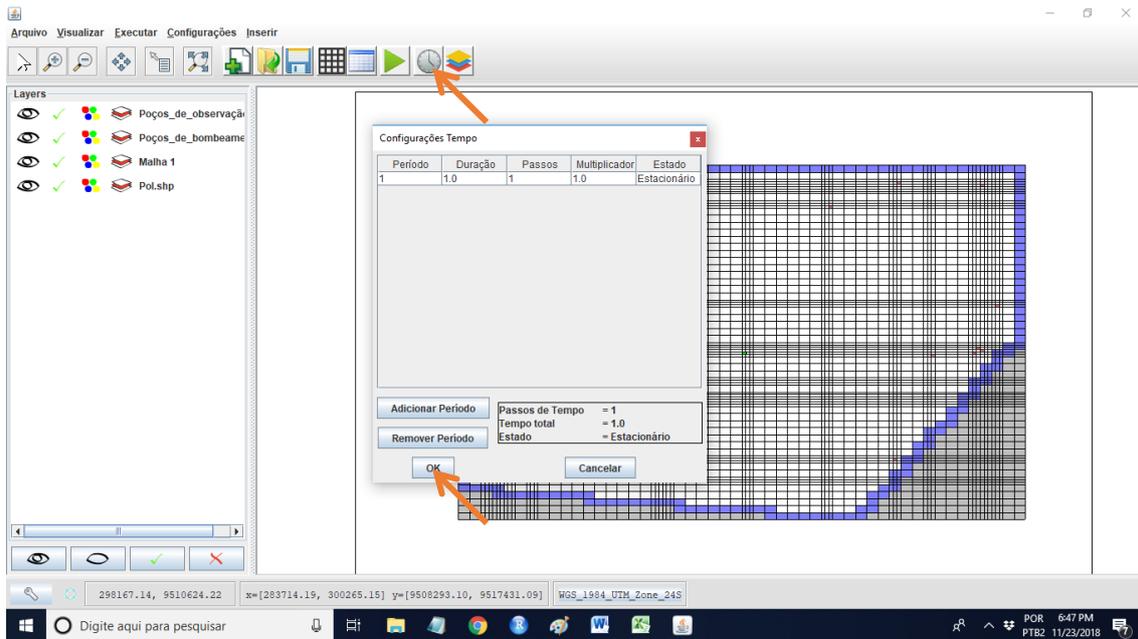
44° Passo – Inserir novamente o shapefile da área;

45° Passo – Abrir o arquivo salvo no 38° passo.

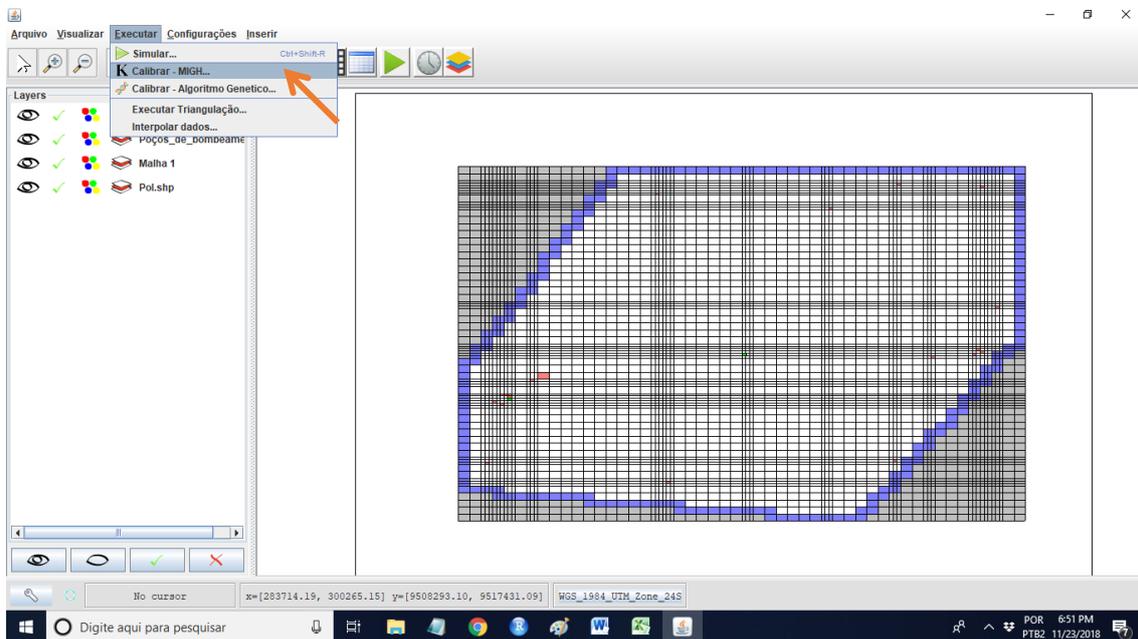
46° Passo – Nas configurações das condições de fluxo na camada, alterar a condição de confinamento da camada para “Não Confinada”;



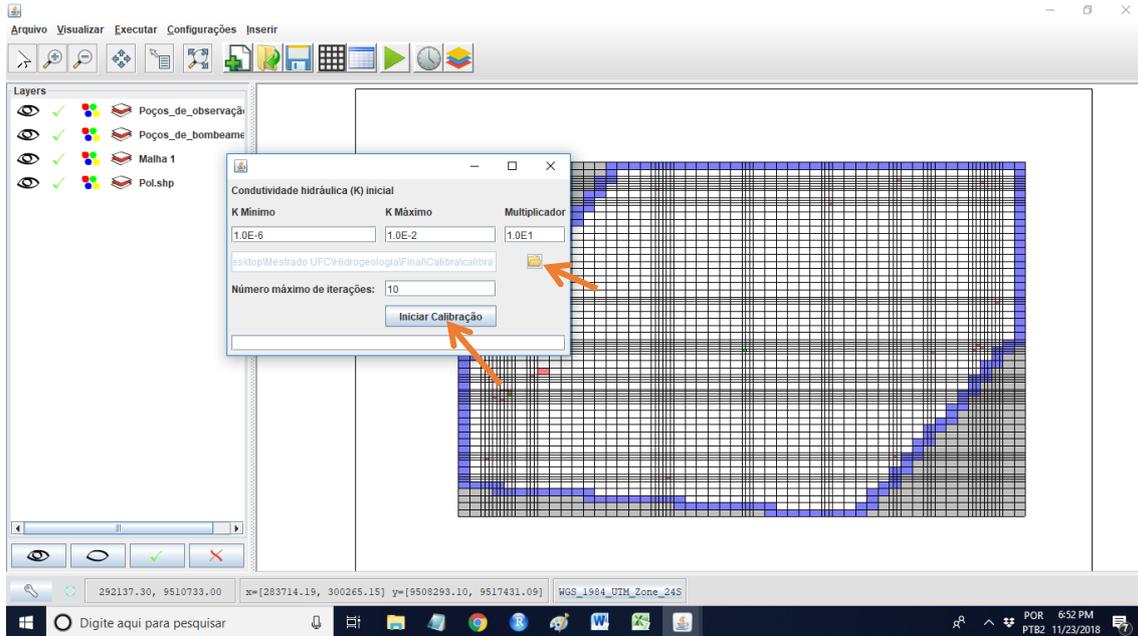
47° Passo - Nas configurações de opção de tempo da simulação, utilizar os valores default;



48º Passo – Na aba “Executar”, selecionar o comando “Calibrar – Migh”;



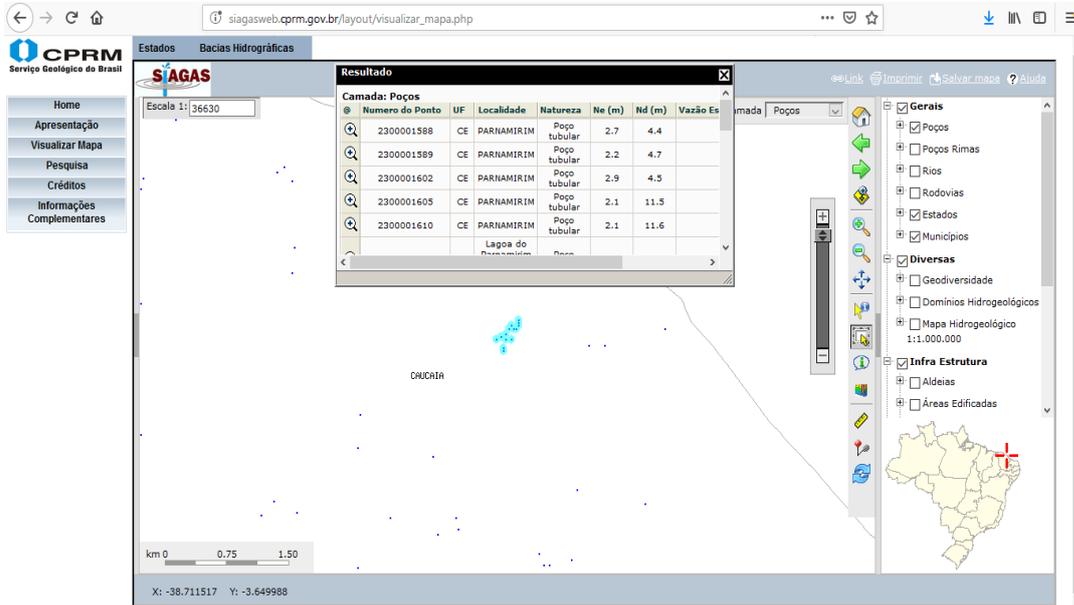
49º Passo – Escolher um destino para o arquivo e executar a calibração. Aguardar alguns minutos;



50° Passo – Após finalizada a calibração, comparar os valores de condutividade hidráulica calibrada e o da literatura;

## 7 CALIBRAÇÃO CAUCAIA

A escolha do aquífero partiu através de uma consulta no siagasweb (siagasweb.cprm.gov.br) em que se observou o fato de que existia uma boa concentração de poços na região da Caucaia, município do estado do Ceará, todos com vazão, carga estática e carga dinâmica.

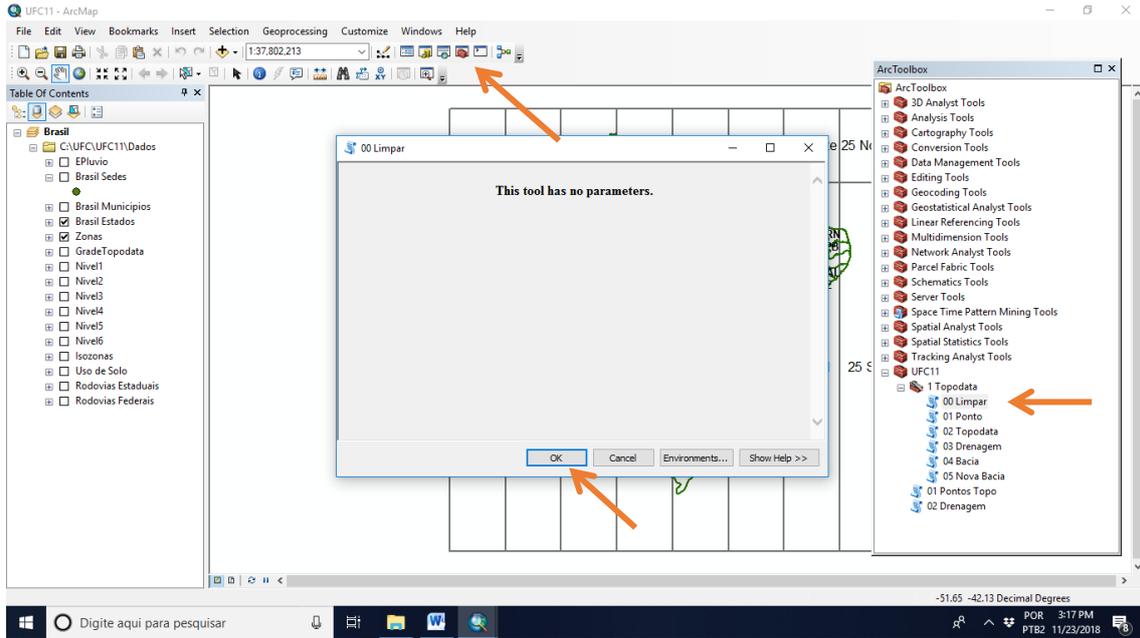


The screenshot shows the SIAGAS web interface. The main window displays a map of Caucaia, Ceará, with several blue dots representing wells. A table titled "Resultado" is overlaid on the map, showing the following data:

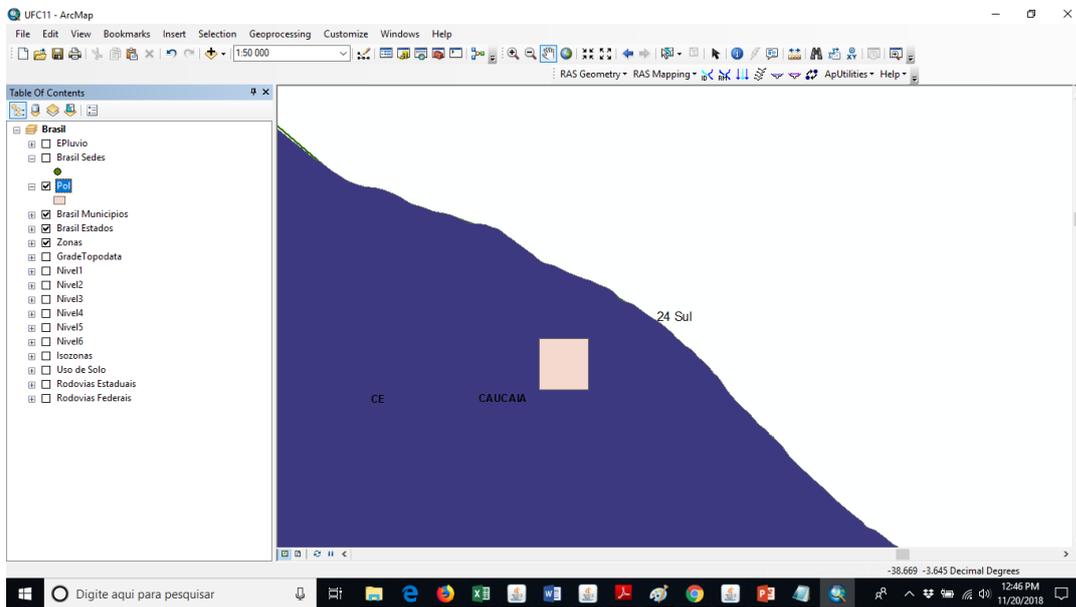
Numero do Ponto	UF	Localidade	Natureza	Ne (m)	Nd (m)	Vazão Es
2300001588	CE	PARNAMIRIM	Poço tubular	2.7	4.4	
2300001589	CE	PARNAMIRIM	Poço tubular	2.2	4.7	
2300001602	CE	PARNAMIRIM	Poço tubular	2.9	4.5	
2300001605	CE	PARNAMIRIM	Poço tubular	2.1	11.5	
2300001610	CE	PARNAMIRIM	Poço tubular	2.1	11.6	

The interface also includes a sidebar with navigation options (Home, Apresentação, Visualizar Mapa, Pesquisa, Informações, Complementares), a scale bar (0 to 1.50 km), and a legend on the right side with categories like Gerais, Diversas, and Infra Estrutura.

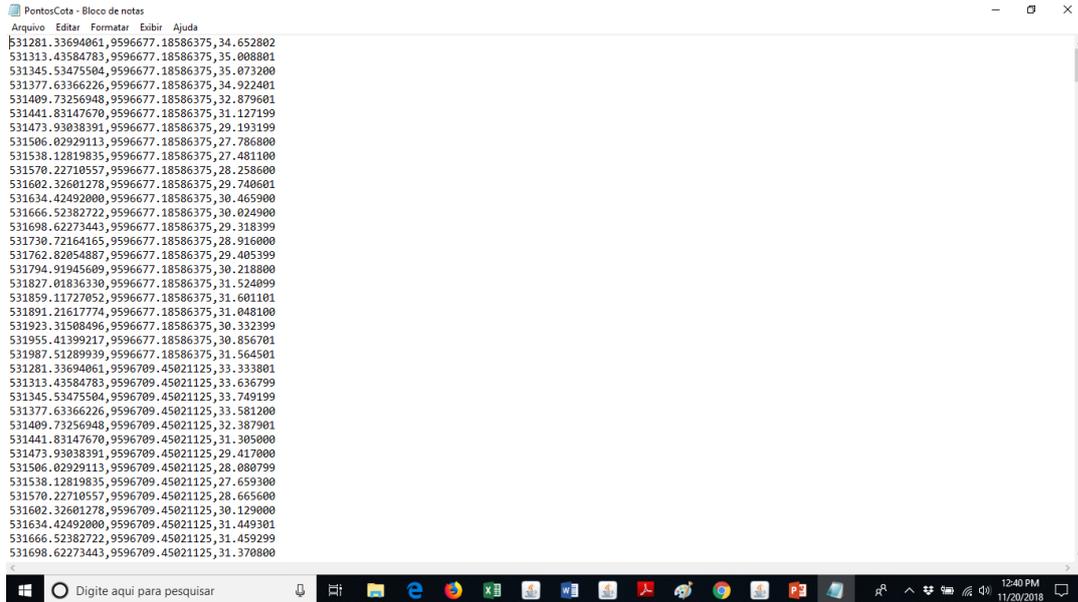
Observe que no canto inferior esquerdo da imagem acima, o siagas dá as coordenadas do ponto em que o ponteiro do mouse está em cima. Pela área adotada, no caso aqui na Caucaia, escolhem-se as coordenadas de um ponto superior na extremidade esquerda e um ponto inferior da extremidade direita. Essa área formará um quadrado. Com essas duas coordenadas escolhidas, abre-se o software UFC 11 – ArcMap. Abrir o ArcToolBox e selecionar o comando “Limpar”, em seguida pressionar “Ok” e aguardar alguns segundos;



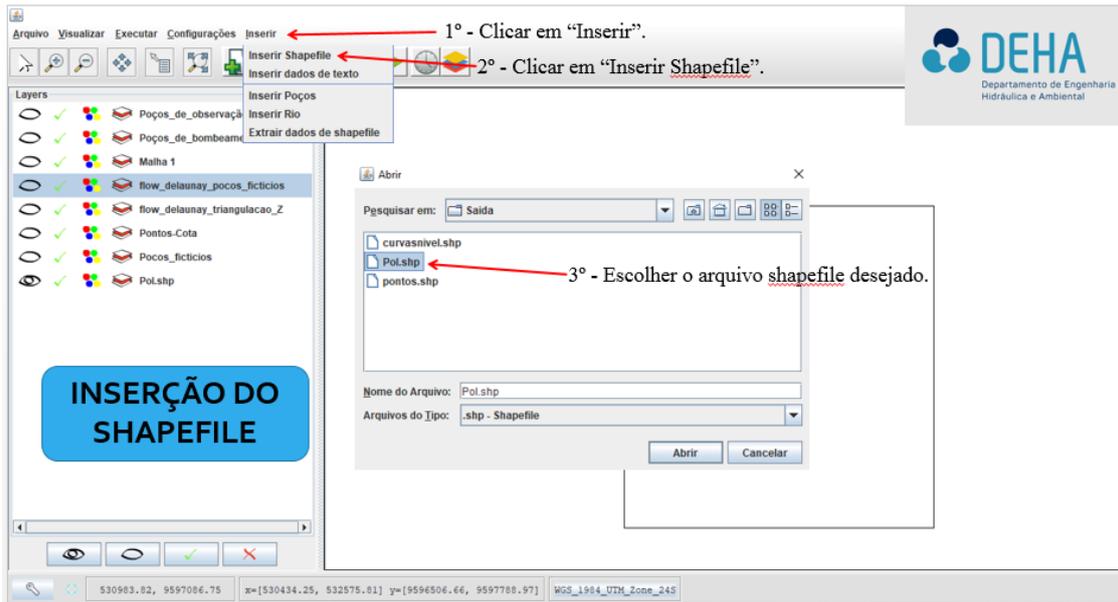
Após o comando limpar, selecionar o comando “Pontos Topo” e preencher com as coordenadas obtidas.



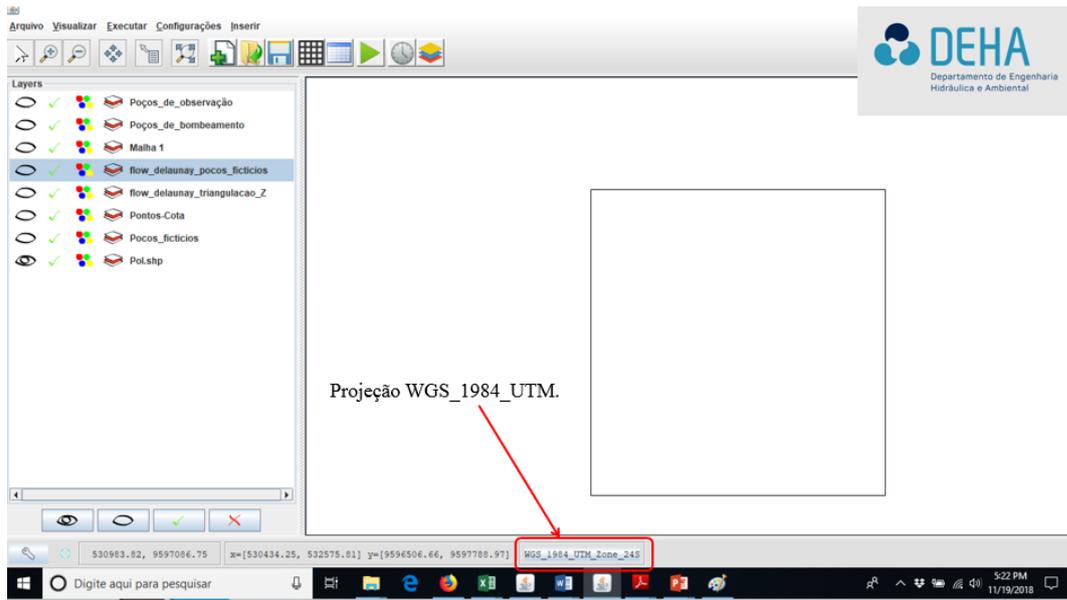
Essa delimitação irá extrair as coordenadas dos poços juntamente com seus demais dados concedidos, através de um shapefile. Será criado assim um arquivo de texto (pontoscota) com todos esses dados.



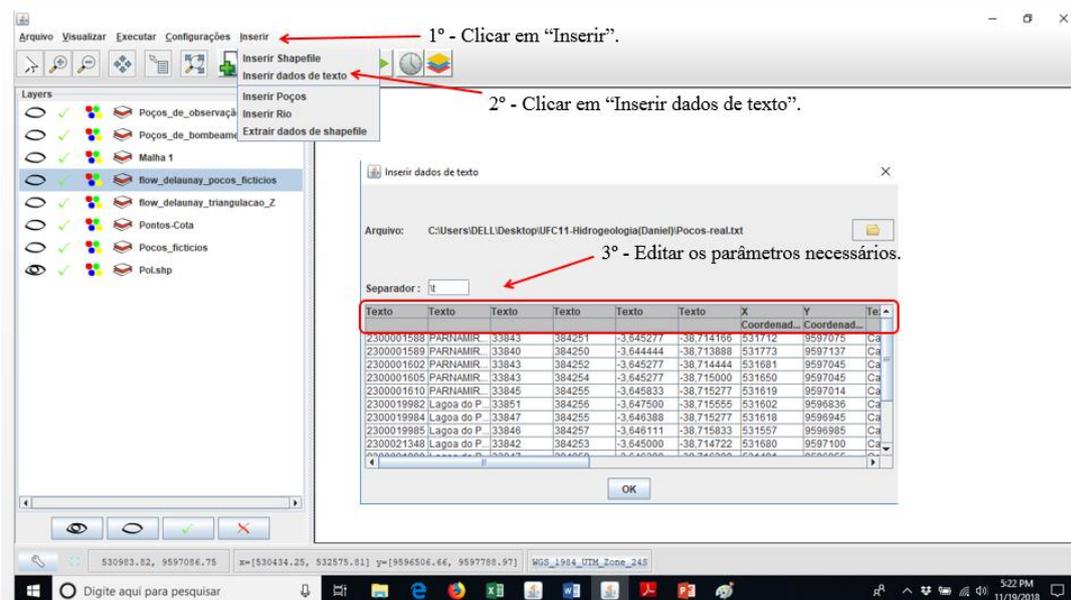
Utilizando agora o software UFCflow, clica-se na aba Inserir, em seguida na opção Inserir Shapefile, que foi criado anteriormente, e seleciona-se o shapefile criado. Apertar no botão abrir.



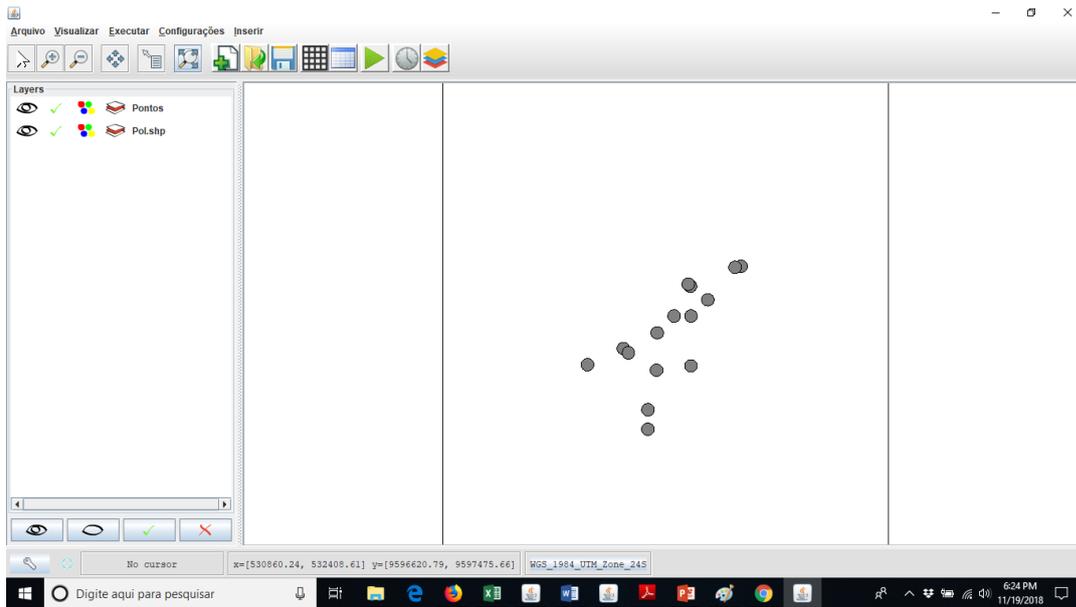
Aberto o shapefile, verifica-se se a projeção de coordenadas é a WGS 1984 UTM, de fácil verificação na parte inferior da superfície do software. Observe que na aba que nos dá a projeção, ele coloca que a zona é a zona 24, que é a zona em que o estado do Ceará é pertencente.



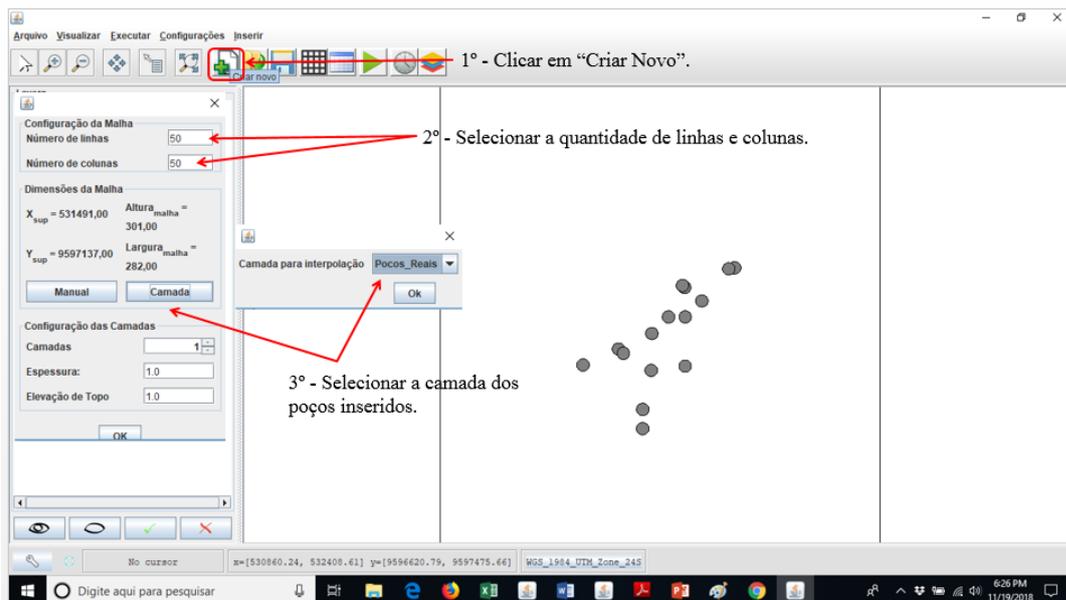
Nesse próximo momento, iremos inserir os poços reais. Novamente, aperta-se na aba Inserir, mas dessa vez na opção inserir dados de texto. Seleciona-se o arquivo de texto que contenha esses dados. Uma janela chamada “inserir dados de texto” será aberta, e nela se editam os parâmetros necessários.



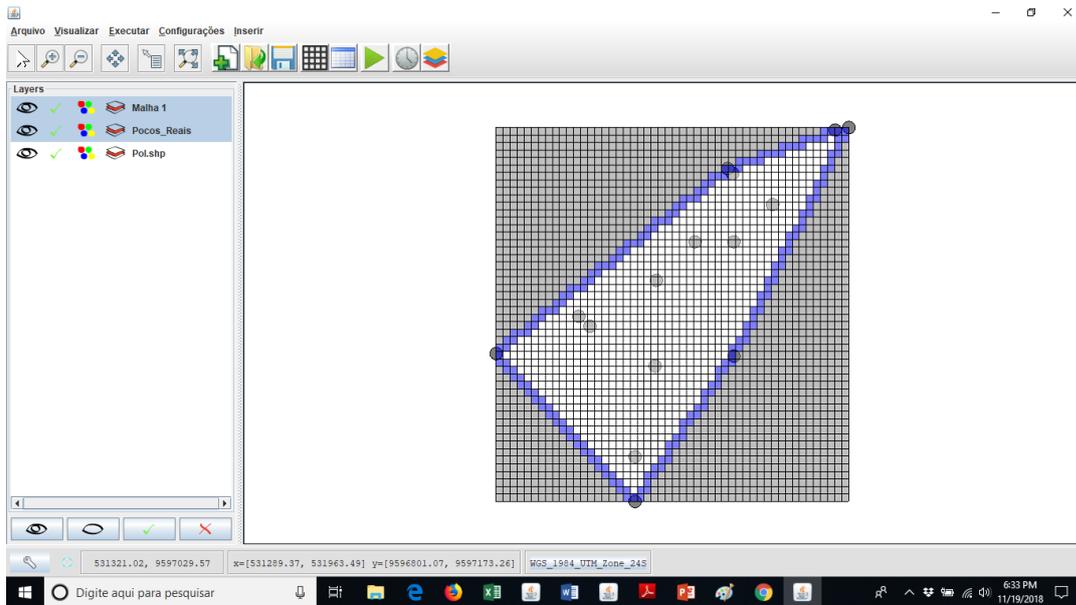
Os poços selecionados são os demonstrados na próxima imagem.



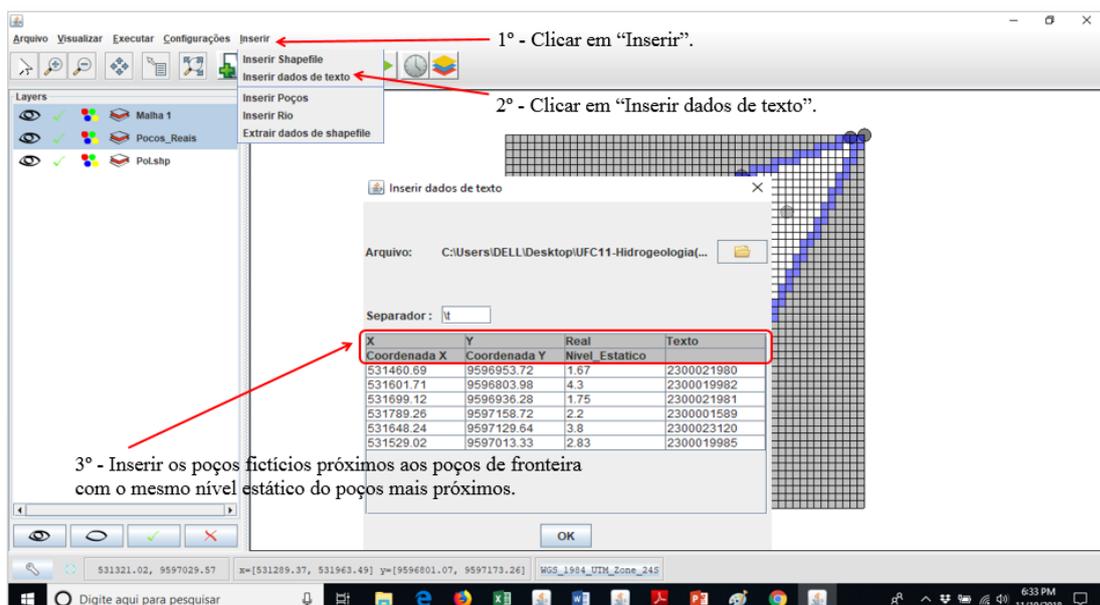
O próximo passo será a geração de malha. O procedimento é esse: aperta-se no botão de “criar novo”; na janela que será aberta, define-se a quantidade de linhas e colunas da malha. No nosso exemplo, usamos 50 para cada uma. Em seguida, aperta-se no botão Camada e seleciona-se a camada dos poços inseridos.



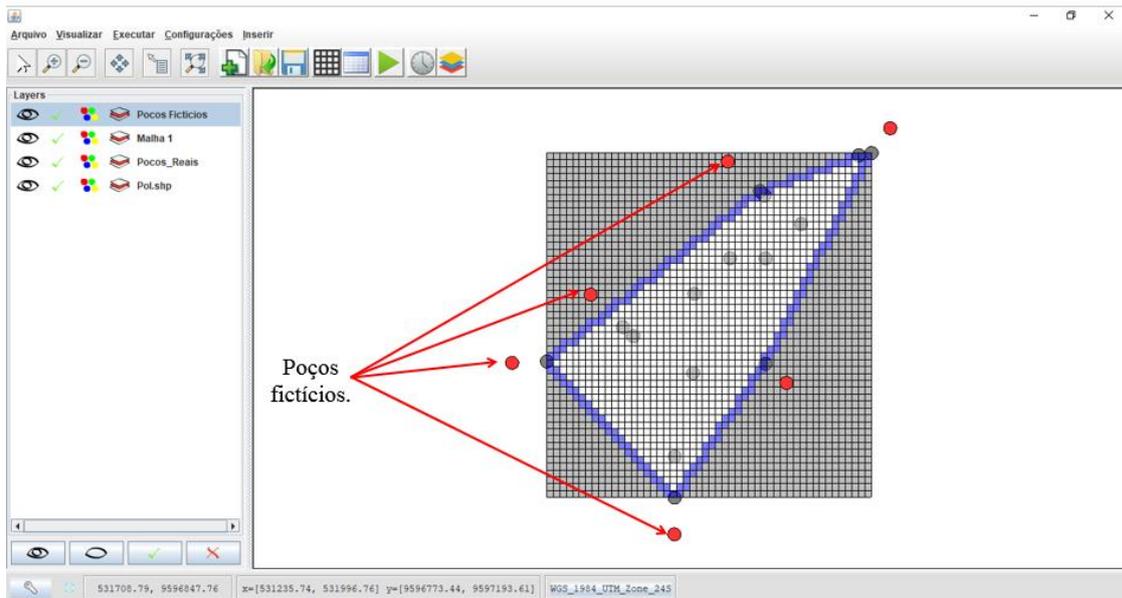
O próximo passo será a geração de malha. O procedimento é esse: aperta-se no botão de “criar novo”; na janela que será aberta, define-se a quantidade de linhas e colunas da malha. No nosso exemplo, usamos 50 para cada uma. Em seguida, aperta-se no botão Camada e seleciona-se a camada dos poços inseridos. Na superfície do software, será mostrado a malha com o polígono que limita o perímetro dos poços.



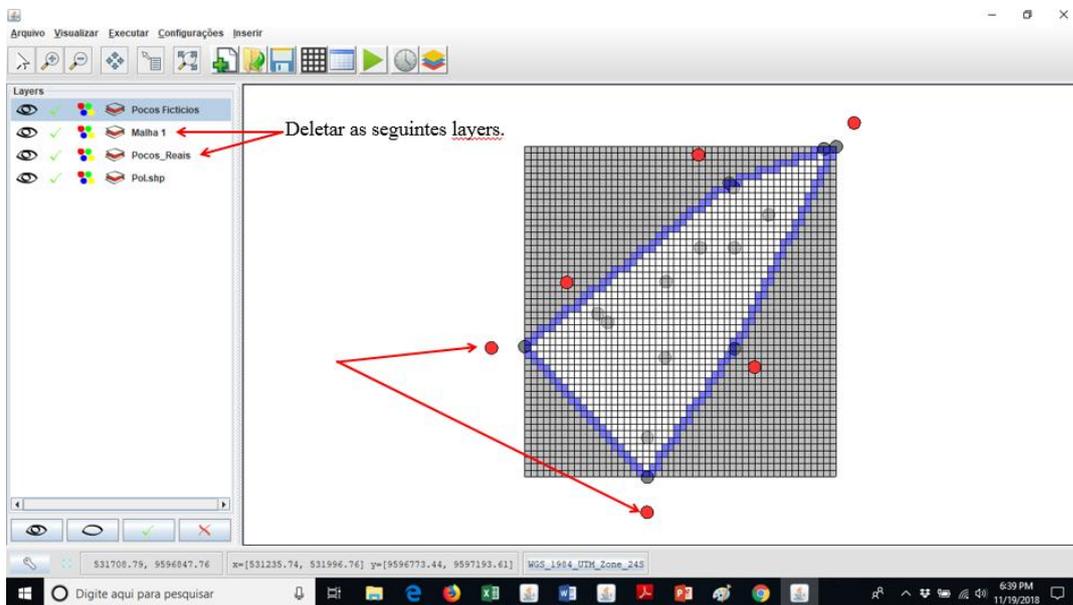
O passo seguinte é a inserção dos poços fictícios. Novamente, apertando na aba “inserir”, aperta-se em “inserir dados de texto” e inserem-se os poços fictícios próximos aos poços de fronteira com o mesmo nível estático dos poços mais próximos.

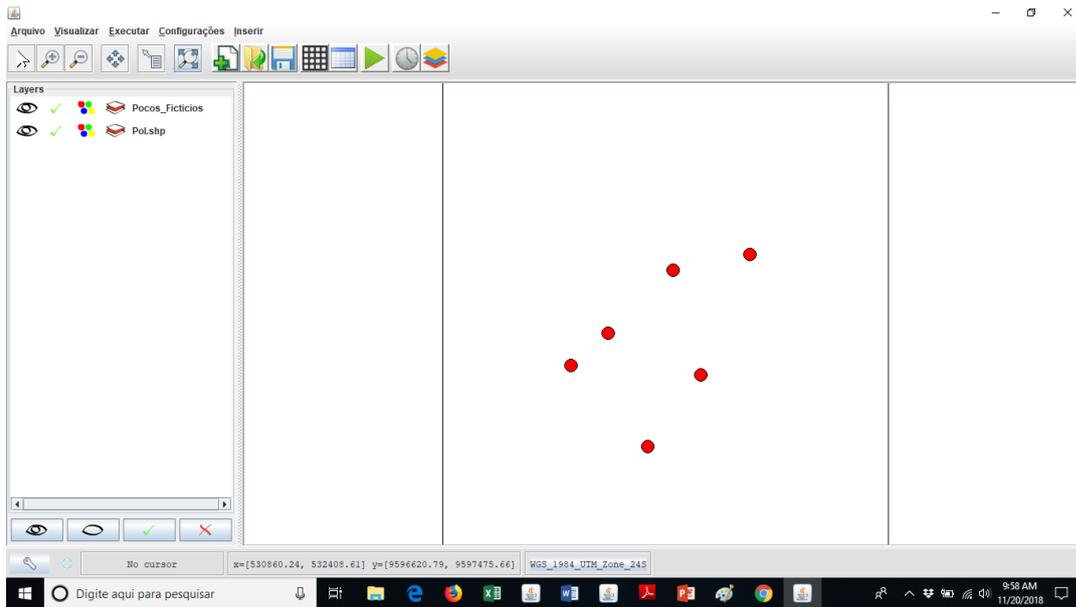


Os poços fictícios gerados foram os pontos em vermelho na imagem a seguir.

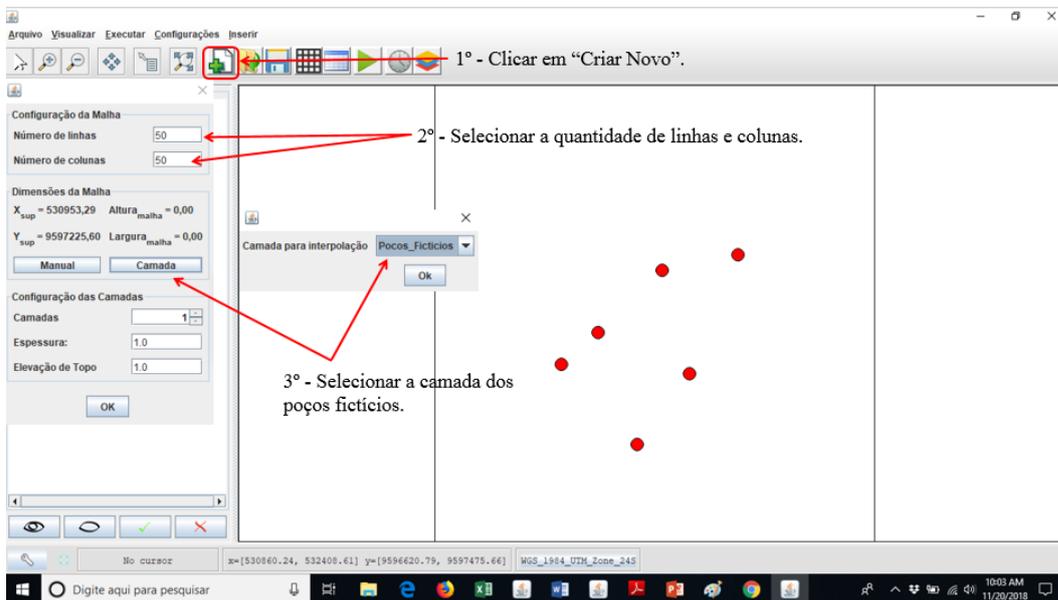


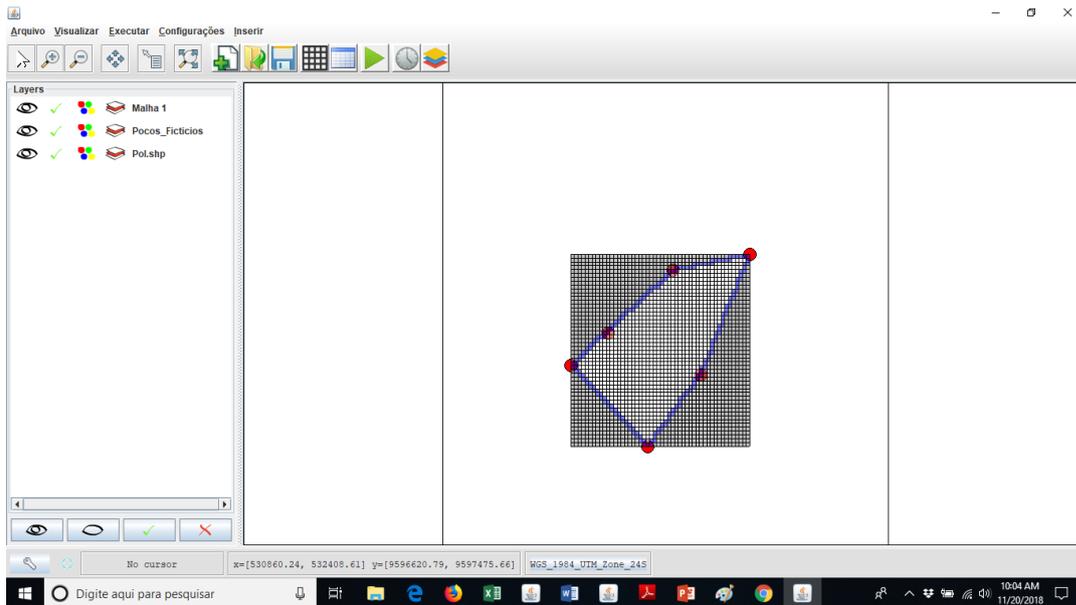
Deleta-se as layers “malha 1” e “poços\_reais”.



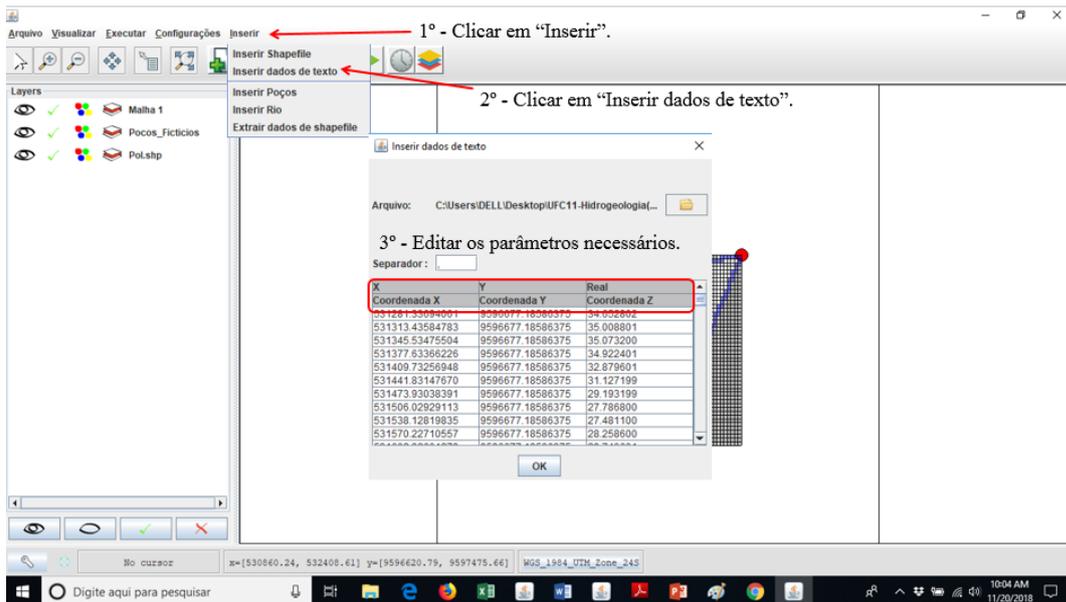


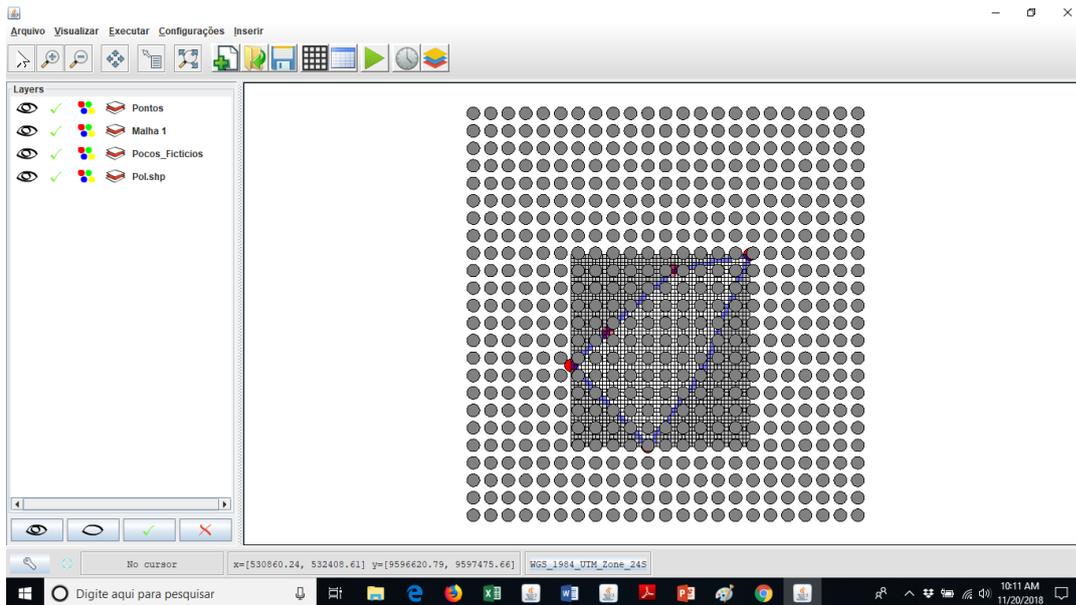
O próximo passo será a geração de malha desses poços fictícios. O procedimento é igual a geração de malha anterior, porém na opção “camada” será colocado “poços fictícios”.



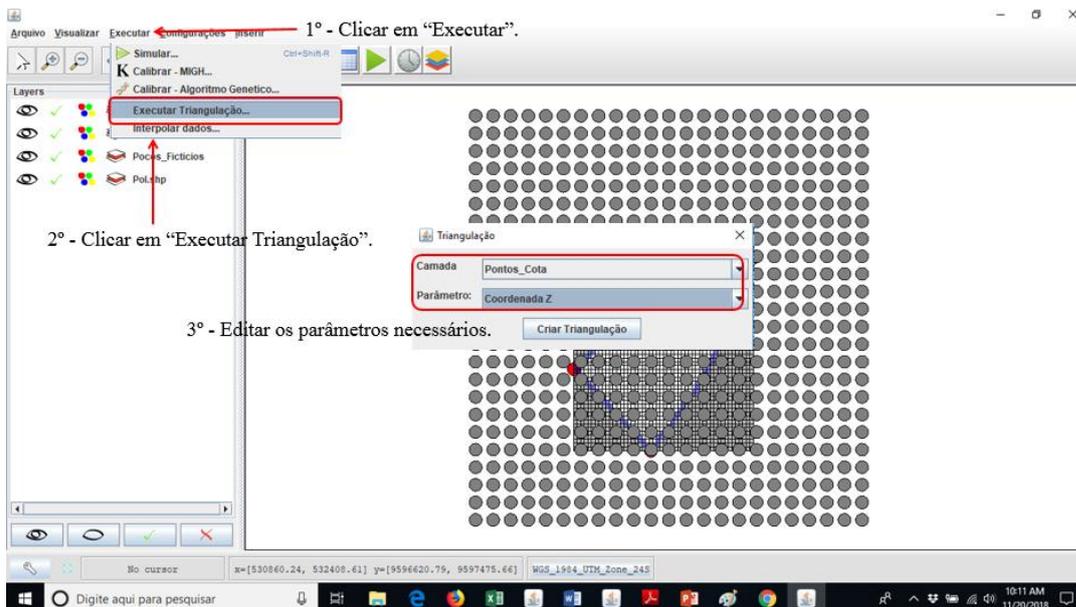


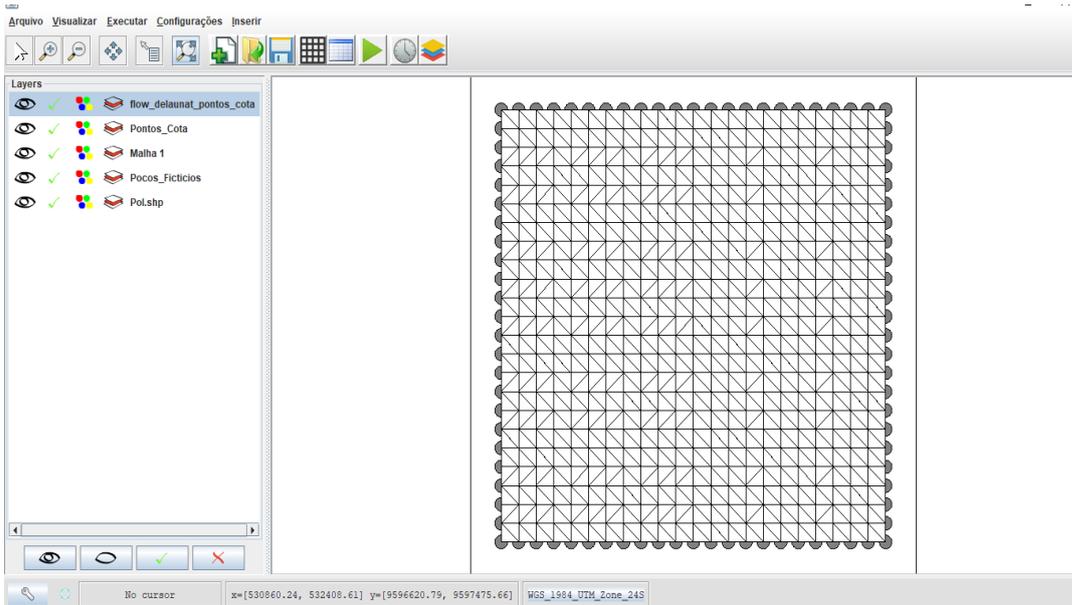
O próximo passo é a inserção dos pontos-cota. Clica-se na aba “inserir”, depois em “inserir dados de texto” e edita-se os parâmetros necessários, como já foi feito anteriormente para os poços reais.



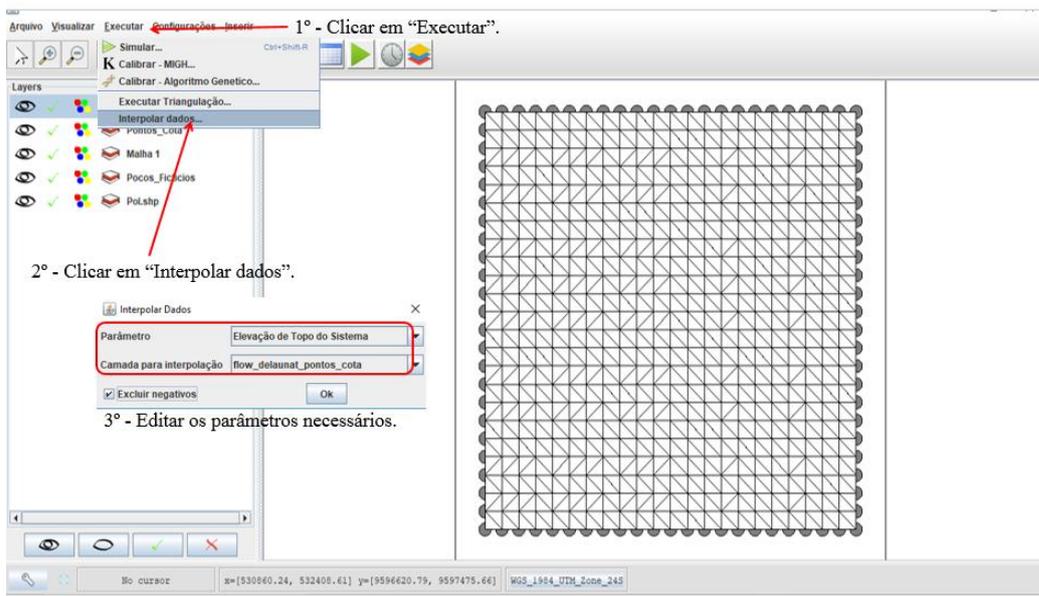


O próximo passo é fazer a triangulação dos pontos-cota. Clica-se no botão “executar”, no menu suspenso escolhe-se a opção executar triangulação. Na janela que se abrirá, editar os parâmetros necessários.





Chegado a hora da interpolação da elevação de topo. Primeiro, clicar em “executar”, em seguida, no menu suspenso, apertar em interpolar dados. Na janela “interpolar dados” deve-se editar os parâmetros necessários.



Elevação de Topo do Sistema [m] Camada 1 EXP IMP

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.14
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.608523
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.404709	18.321688
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.383104	18.304526	18.129458
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.797949	18.090092	17.868546	17.648184	17.41
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.212228	18.322441	18.294262	17.690343	17.56
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.394956	19.156862	19.005631	18.316435	18.281004	18.232203
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.975856	20.660140	20.243397	19.742122	18.805195	18.339481	18.280880	18.208731
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.803670	21.180320	20.779164	20.340890	19.756441	18.843799	18.721330	18.933820	18.949029	18.71
24	0.0	0.0	0.0	0.0	22.604109	22.340261	22.137828	20.791437	20.490001	20.117009	19.770239	19.976642	19.116337	19.175745	19.06
25	0.0	0.0	0.0	22.996179	22.880718	22.798469	22.550409	22.563419	20.735936	20.621413	20.540296	20.761549	20.916651	19.560482	19.66
26	0.0	0.0	24.670368	24.496337	23.141495	23.185390	22.947594	22.823095	22.713576	21.126561	21.243446	21.410380	21.380143	21.453494	20.32
27	0.0	25.234247	24.853071	24.552352	24.290408	23.568276	23.363546	23.024970	22.806529	22.662290	22.011171	21.936457	21.692699	21.689963	21.82
28	0.0	26.364908	25.781870	25.712345	25.459642	25.023329	24.702790	24.026000	24.093106	24.017879	23.727819	23.242660	23.231340	23.473657	23.439520
29	27.221278	27.010132	26.052487	25.930138	25.693509	25.873533	25.607390	25.498018	25.740039	24.319228	24.245780	24.143598	23.883808	23.878487	23.754149
30	27.605654	27.518877	26.507571	26.302450	26.592584	26.405408	26.298417	26.140528	26.207896	26.332873	24.900681	25.017082	24.689696	24.461815	25.922197
31	0.0	27.903537	27.170894	27.184509	26.309941	26.795991	26.825869	26.669380	26.571774	26.607921	26.774037	26.033341	25.670624	26.485606	26.361592
32	0.0	0.0	28.304076	28.281205	28.187762	27.985828	27.591662	27.581678	27.838761	27.944146	27.685043	27.595089	27.712496	27.942595	28.034419
33	0.0	0.0	0.0	28.335996	28.283215	28.157789	27.989489	28.297779	27.970978	28.082638	28.076793	27.992323	28.480288	28.062062	28.161834
34	0.0	0.0	0.0	0.0	28.451670	28.445816	28.431342	28.842570	28.977069	28.328721	28.420765	28.468980	29.045198	29.164451	28.389476
35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.775109	28.885868	29.266229	29.298550	29.399449	28.858879	29.035856	29.517038	29.501293	29.550658
36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.411270	29.591815	29.509068	29.578502	29.784360	29.767450	29.909966	29.737244	29.724933
37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.045940	30.192093	30.297571	30.357717	30.374740	30.421926	30.434286	30.408422
38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.265376	30.347844	30.403329	30.403666	30.490427	30.480587	30.450717	30.65
39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.637652	30.489389	30.532200	30.586140	30.552834	30.668945	30.66
40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.766836	30.688035	30.710313	30.762706	30.725327	30.77
41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.917606	30.875006	30.798124	30.758890	30.78
42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.880867	30.825504	30.795392	30.77

Alterar Valores Corrigir Dados

Para a triangulação do nível estático dos poços fictícios, clicar na aba Inserir, em seguida na opção executar triangulação, e, na janela que se abre, editar os parâmetros necessários.

Arquivo Visualizar Executar **Configurações Inserir** 1° - Clicar em "Executar".

Simular...  
K Calibrar - MIGH...  
Calibrar - Algoritmo Genético...  
Executar Triangulação...  
Interpolador dados...

2° - Clicar em "Executar Triangulação".

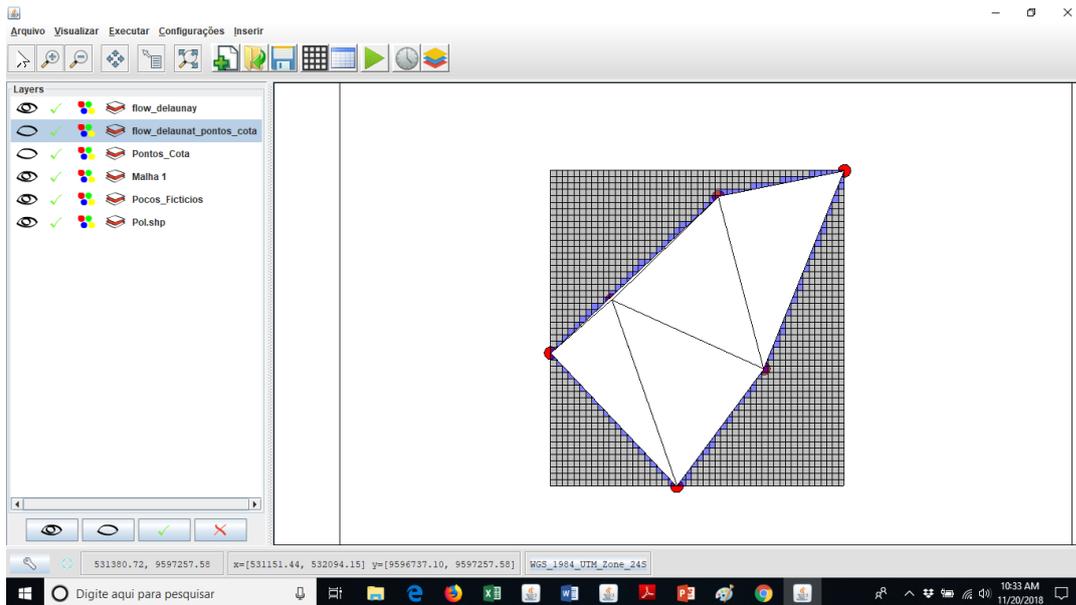
3° - Editar os parâmetros necessários.

Triangulação

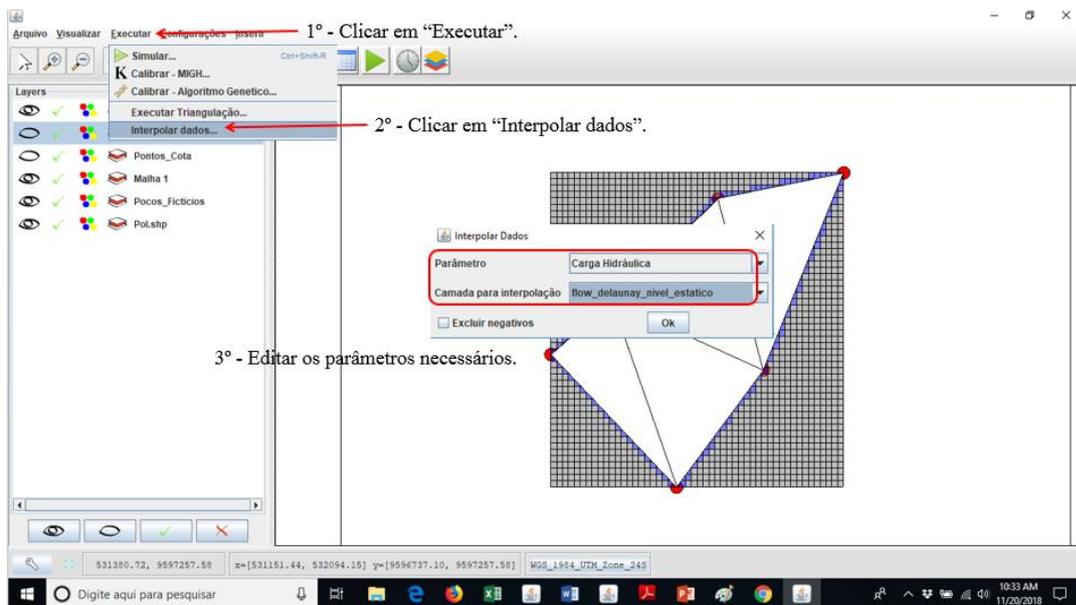
Camada: Pocos\_Ficticios  
Parâmetro: Nivel\_Estatico  
Criar Triangulação

531747.10, 9597091.84 x=[530860.24, 532408.61] y=[9596620.79, 9597475.66] WGS\_1984\_UTM\_Zone\_24S

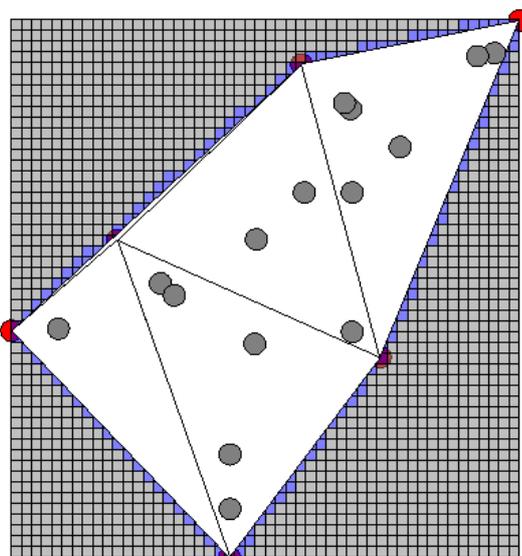
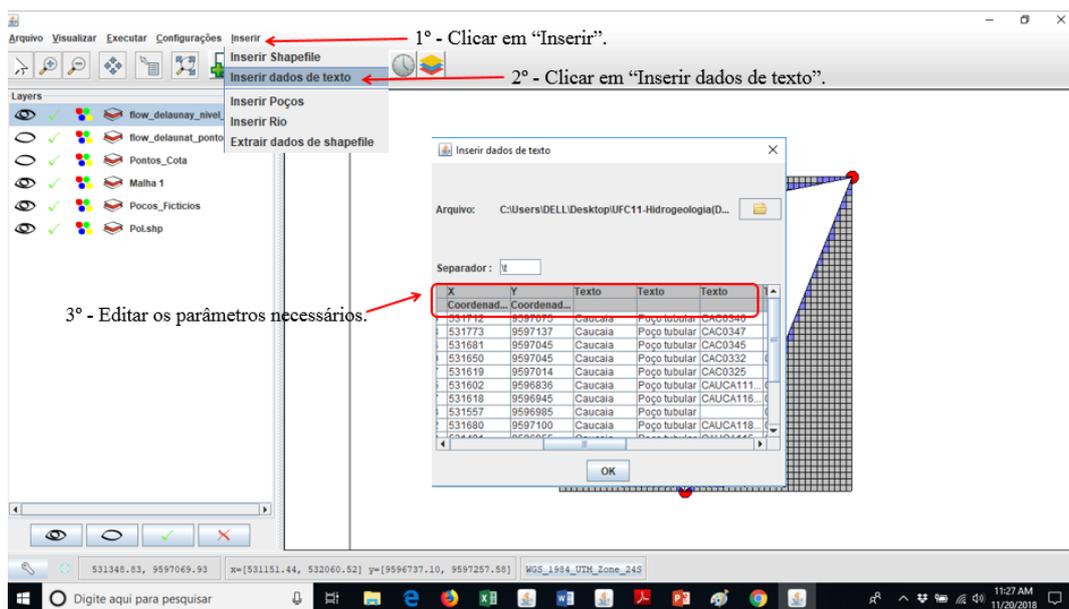
10:31 AM 11/20/2018



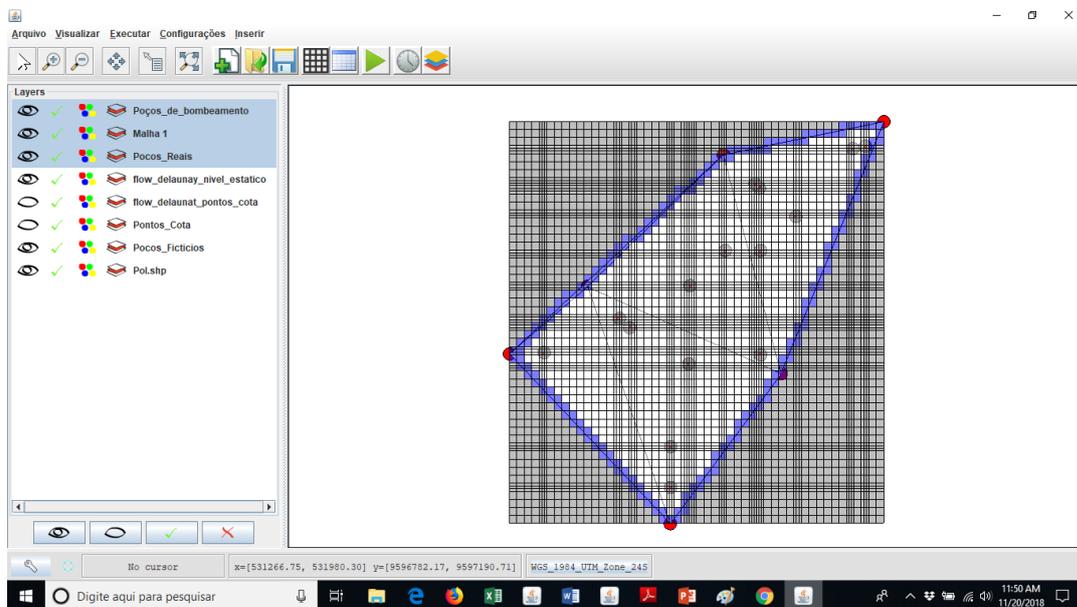
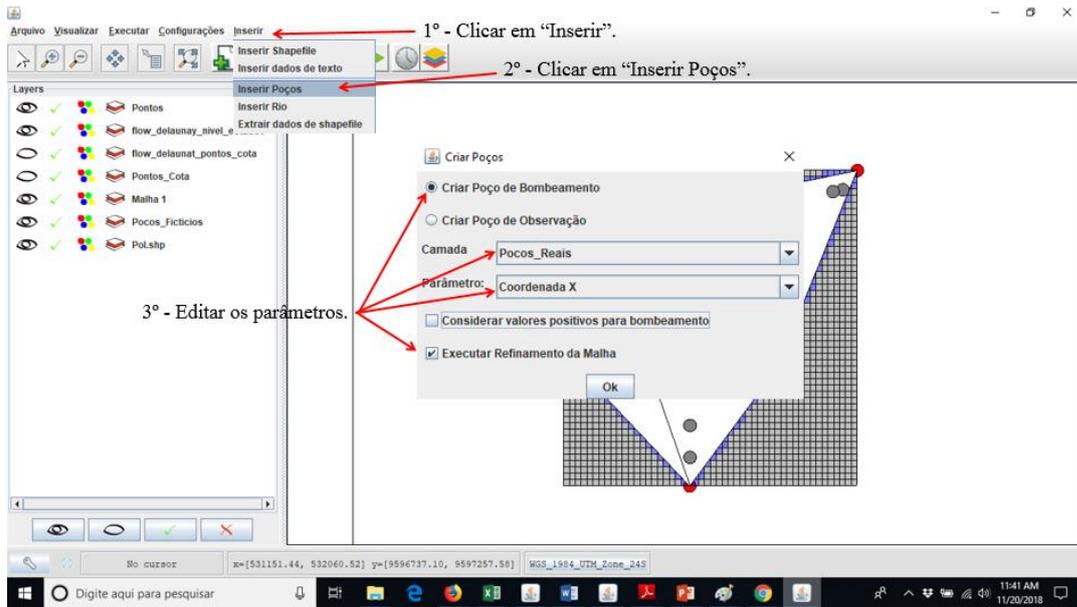
Próximo passo é a interpolação da carga hidráulica. O procedimento é clicar na aba EXECUTAR, em seguida clicar na opção interpolar dados, a última do menu suspenso, e editar os parâmetros na janela que vai se abrir.

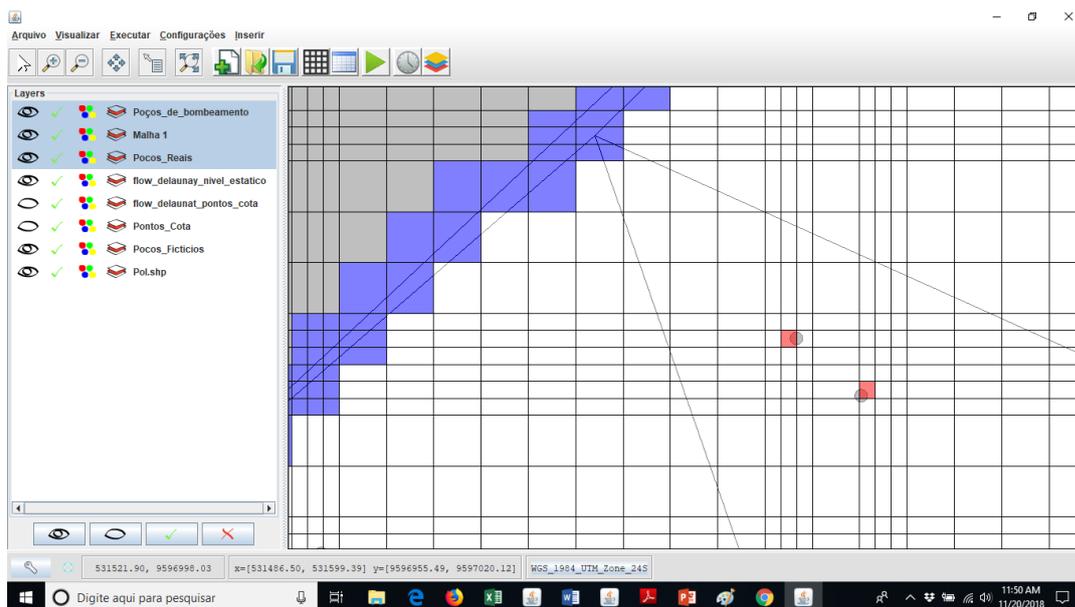




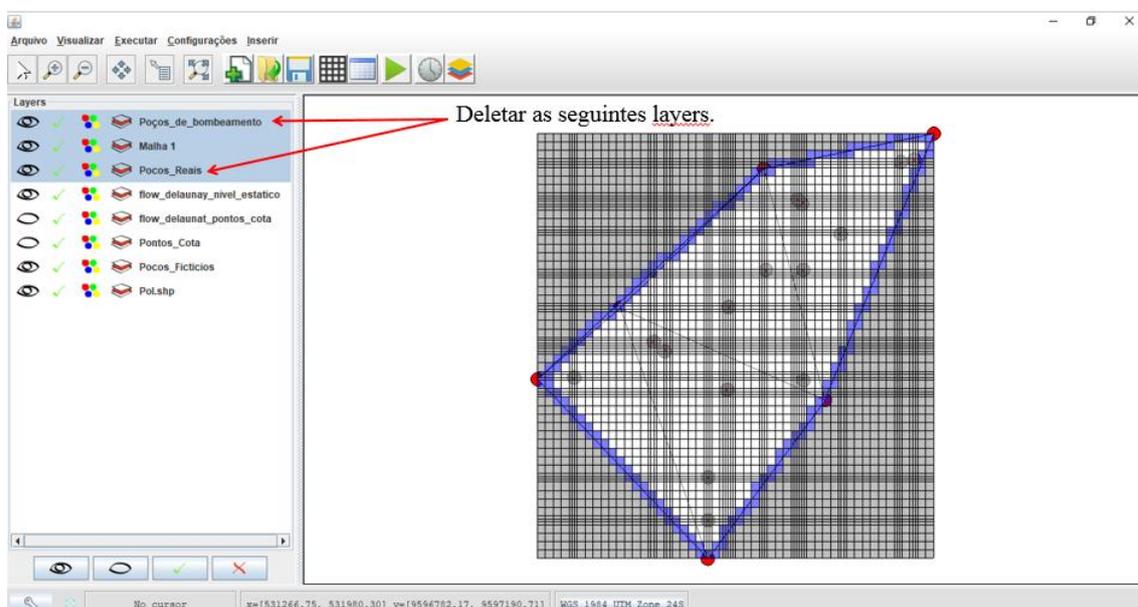


Na imagem acima, os poços de cor cinza são os poços reais. Momento para refinar a malha. Clicar no botão inserir, inserir poços e editar os parâmetros.

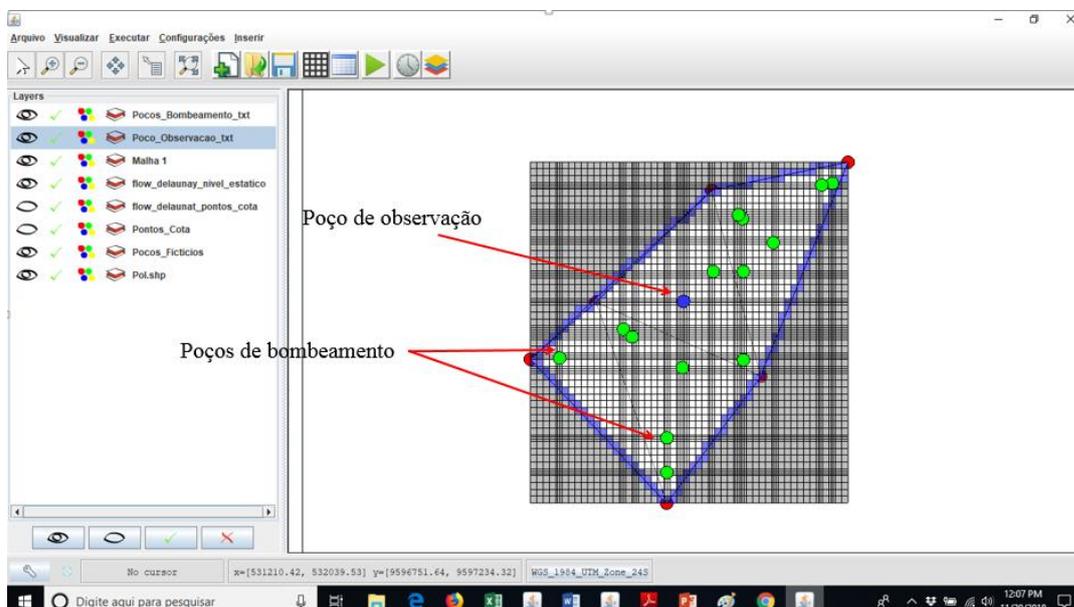
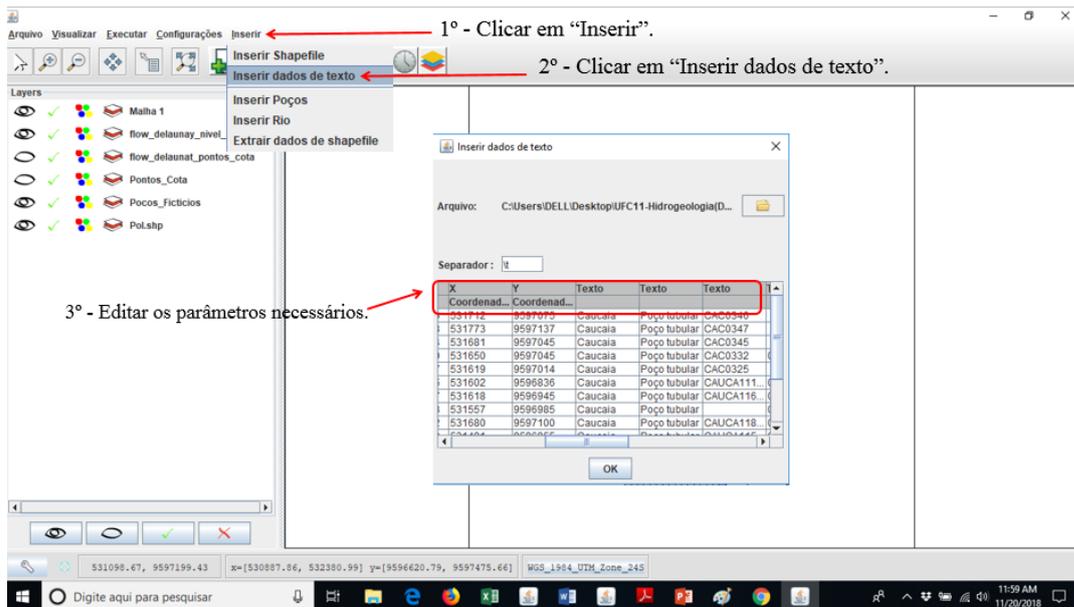




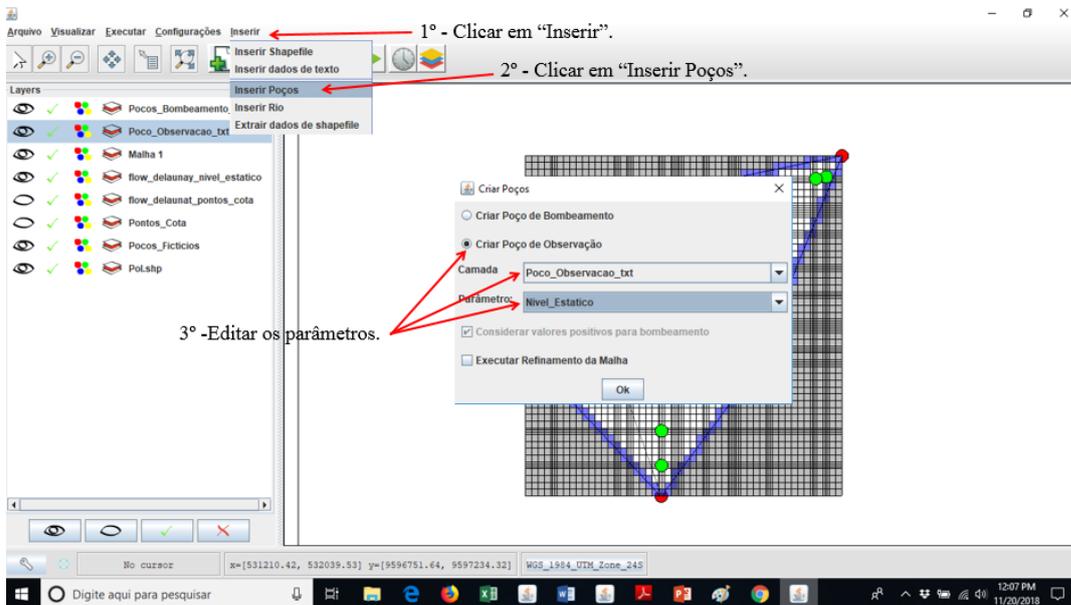
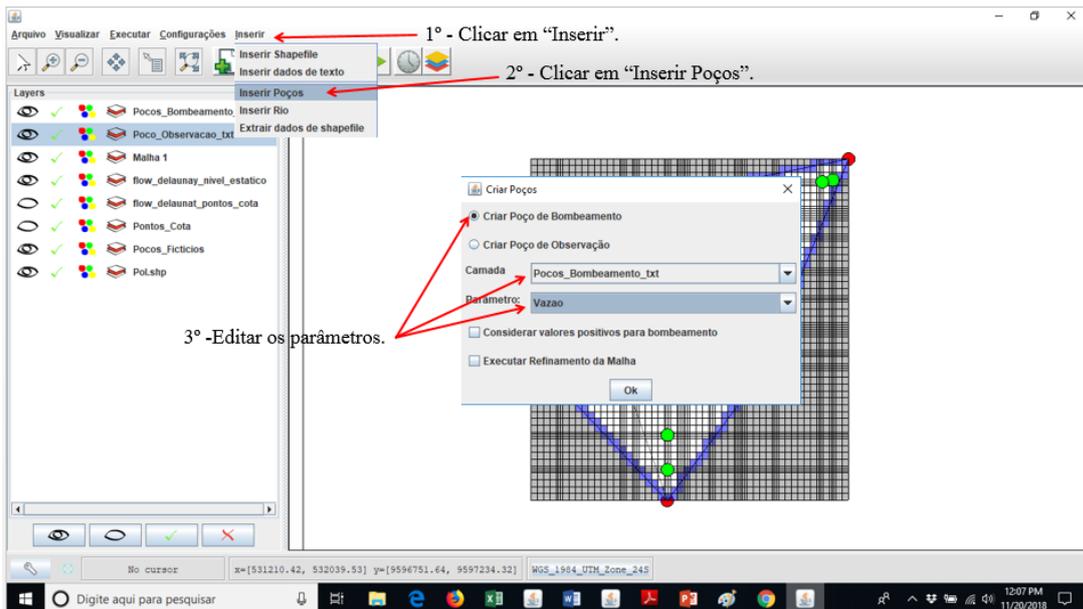
A última imagem acima é o zoom. Nesse momento, o procedimento é deletar a layer Malha 1, Poços Reais e Poços de bombeamento.



Agora, para inserção dos poços de observação e de bombeamento através do arquivo de texto, clica-se em inserir, inserir dados de texto, e edita-se os parâmetros necessários.



Inserção dos poços de observação e de bombeamento: clicar no botão inserir, inserir poços e por fim editar os parâmetros. Observar as camadas e seus respectivos parâmetros.





Conductividade Horizontal [m/s]

	68	69	70	71	72	73	74
50	1.0E-6						
51	1.0E-6						
52	1.0E-6						
53	1.0E-6						
54	1.0E-6						
55	1.0E-6						
56	1.0E-6						
57	1.0E-6						
58	1.0E-6						
59	1.0E-6						
60	1.0E-6						
61	1.0E-6						
62	1.0E-6						
63	1.0E-6						
64	1.0E-6						
65	1.0E-6						
66	1.0E-6						
67	1.0E-6						
68	1.0E-6						
69	1.0E-6						
70	1.0E-6						
71	1.0E-6						
72	1.0E-6						
73	1.0E-6						
74	1.0E-6						

Alterar Valores    Corrigir Dados

**CONDUTIVIDADE HORIZONTAL COM VALOR  $K=1.0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$**

Configurações - Camadas

Ground Water Flow Package    BCF

Camada    1

Block Centered Flow

Fator de anisotropia    1.0

Condição de Confinamento da Camada

Não Confinada

Método de Cálculo da Condutância

Média Harmônica

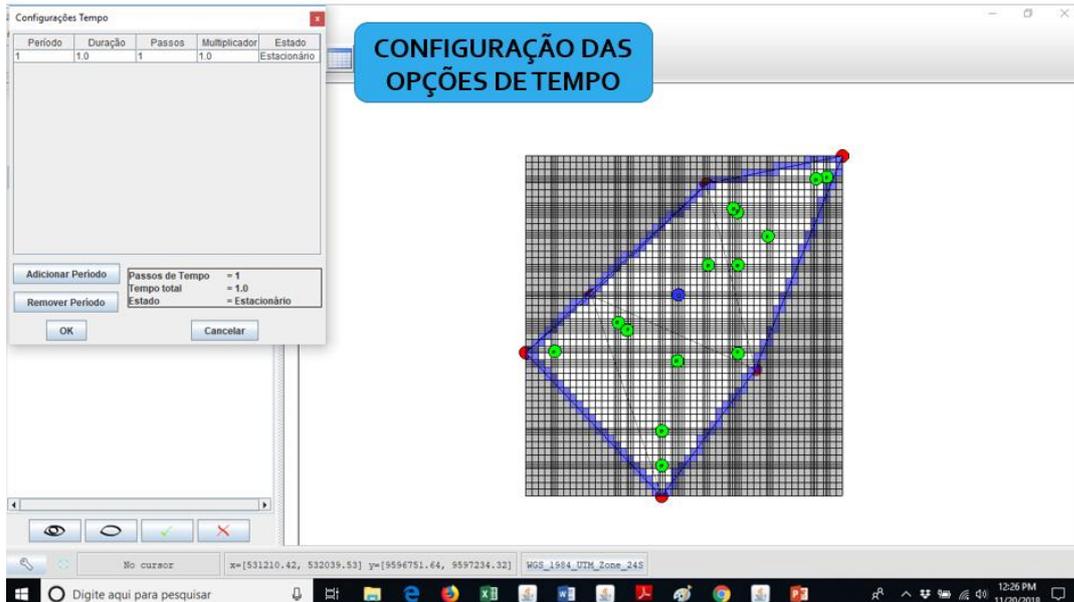
OK

Pontos\_Cota

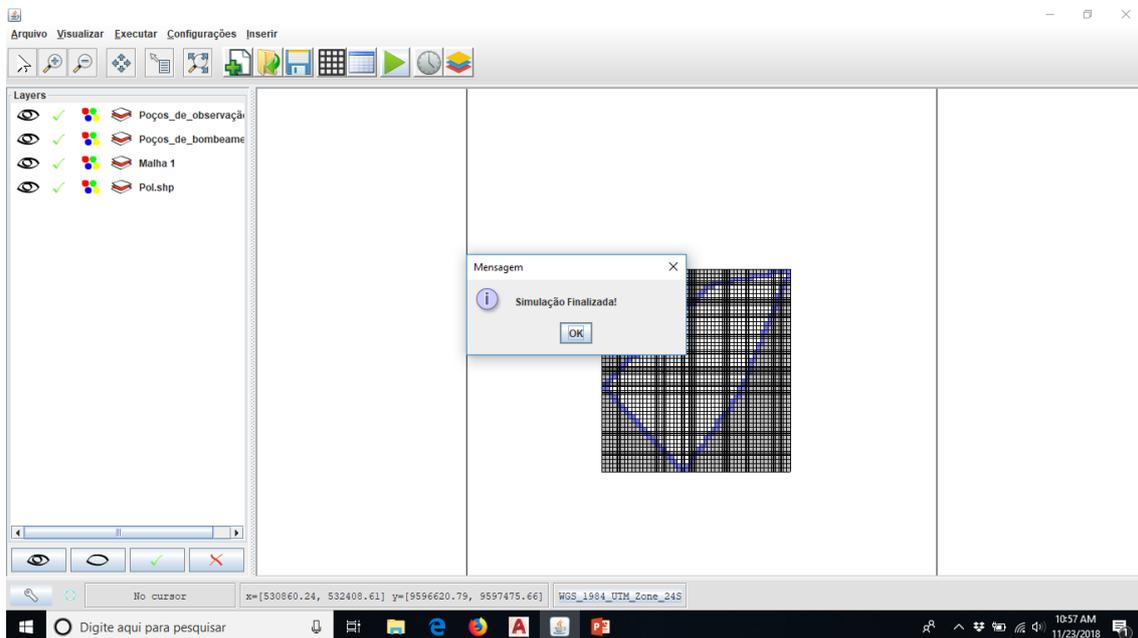
Pocos\_Fictícios

Pol.shp

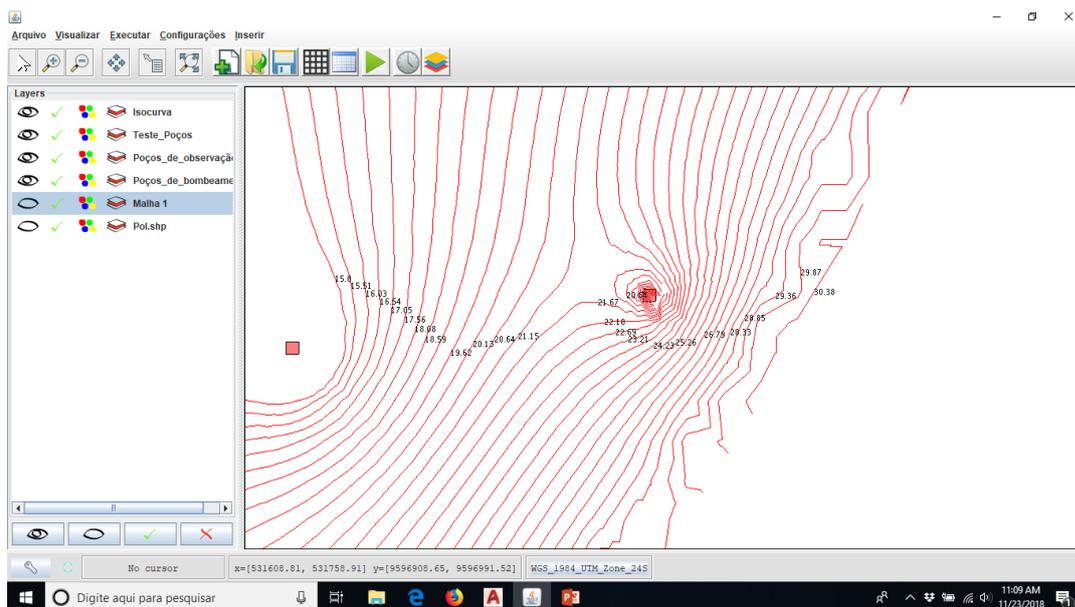
**CONFIGURAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FLUXO NAS CAMADAS**

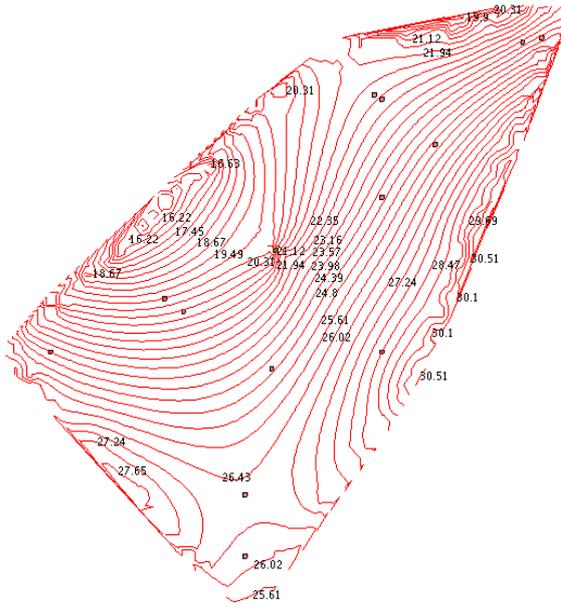


A resposta da simulação para o  $k = 1.0 \times 10^{-6}$  m/s obteve os seguintes resultados.









## 8 CALIBRAÇÃO GUARATINGUETÁ

Aquífero delimitado por Rio e formações rochosas na região de Guaratinguetá – SP

Considerações iniciais do exemplo

Para o desenvolvimento do exemplo foi buscada uma área onde houvesse uma boa quantidade de poços com dados e com boas condições de contorno, onde o aquífero fosse poroso e livre.

Deste modo, uma consulta no sistema de informações da CPRM [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php) indicou a região de Guaratinguetá, no estado de São Paulo, como uma área favorável, conforme a Figura 10.1.

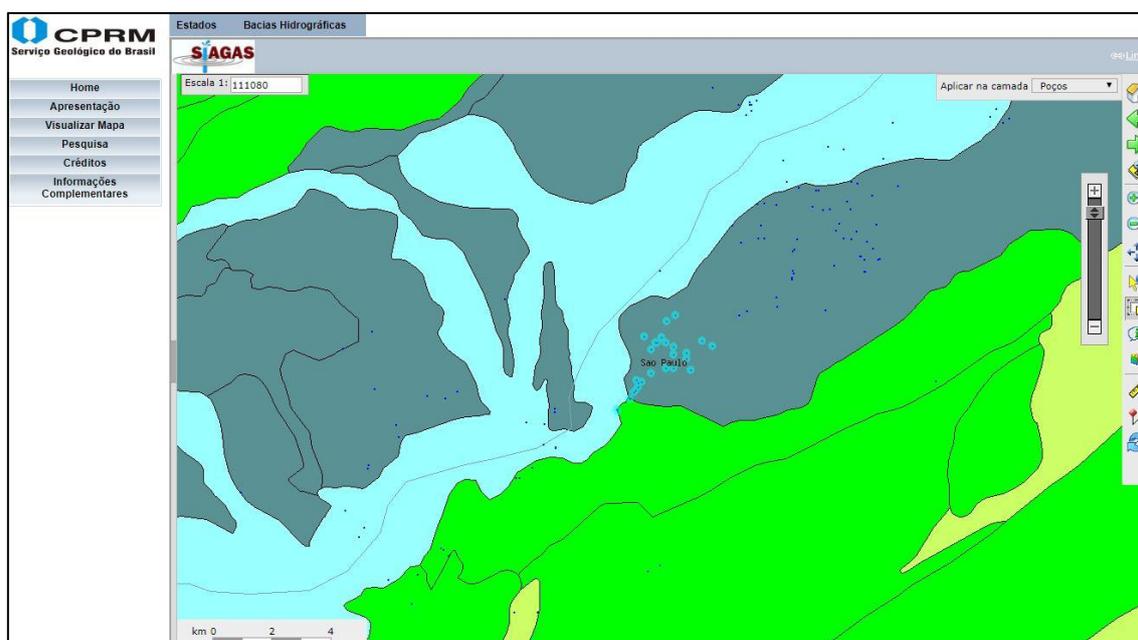


Fig.

### 10.1 - Escolha da região dos poços no SIAGAS

Após a seleção da região, os dados podem ser exportados para shapefile para serem exibidos e manipulados em um software de SIG (Figura 10.2).

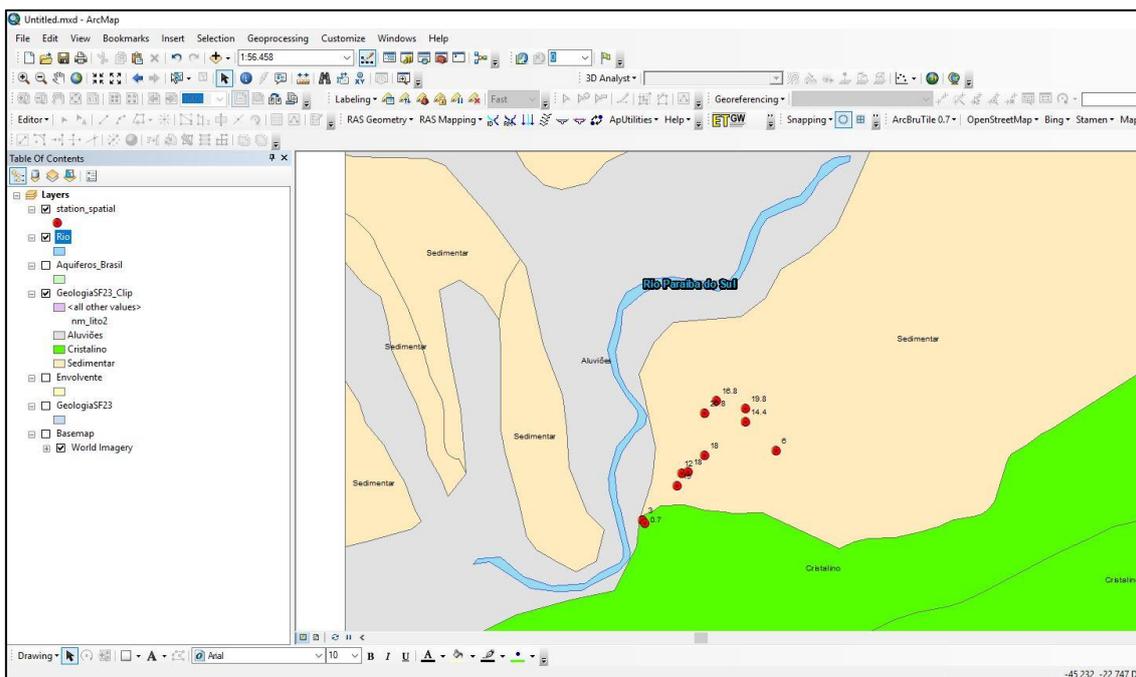


Fig.10 2 - Exibição dos dados no Arcgis

Assim, a área de interesse pode ser selecionada e recortada, conforme a Figura 10.3, para a exportação do arquivo formato shapefile, para a leitura no programa UFC-flow.

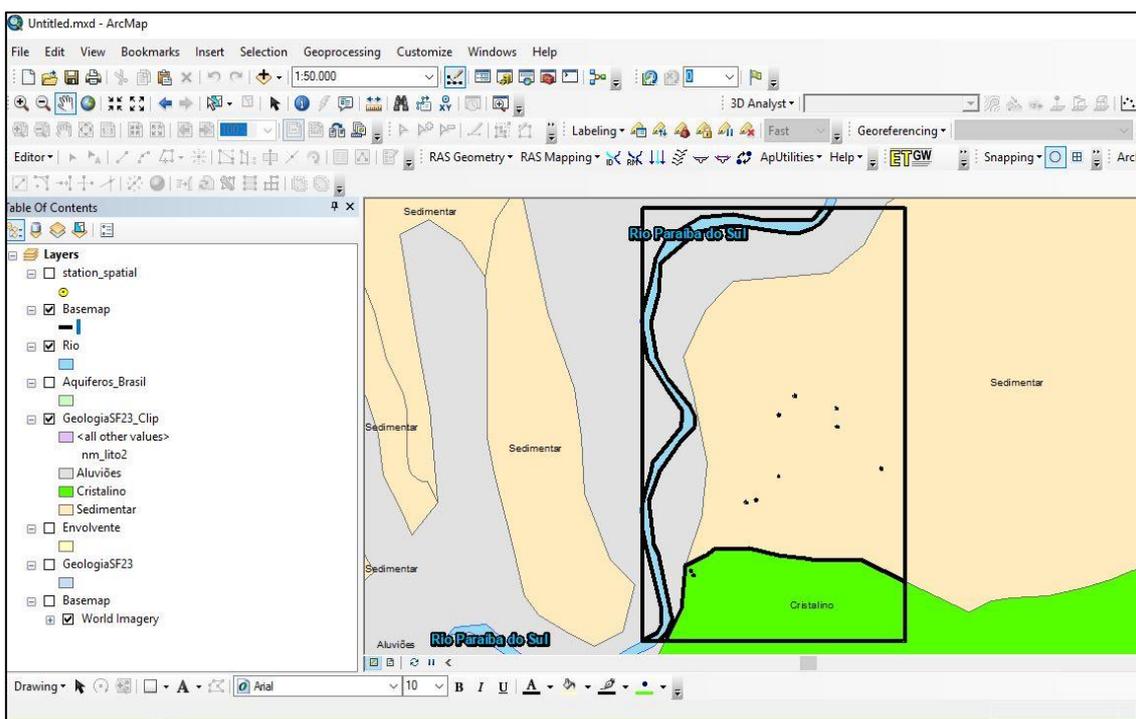


Fig. 10.3 - Recorte e vetorização da área de interesse para a simulação

Antes do início do procedimento com o UFC-flow, é necessário que sejam obtidas as cotas topográficas da região, com auxílio do software UFC-11, descrito no roteiro a seguir.

## Processamento dos dados topográficos no UFC-11

Para entrar no UFC 11 é necessário definir pontos que limitam a zona de estudo, assim dois pontos do retângulo foram marcados com a zona 23s do WGS 84:

P1: 481.521,401 m Leste, 7.483.220,553 m Norte

P2: 484.766,611 m Leste, 7.477.569,517 m Norte

Com os pontos definidos, pode-se abrir o UFC 11.mxd que está localizado na pasta C:/UFC/UFC 11.

Ao abrir o programa o primeiro passo é fazer a limpeza de arquivos anteriores, pelo comando Limpar, como mostrado na figura 10.4:

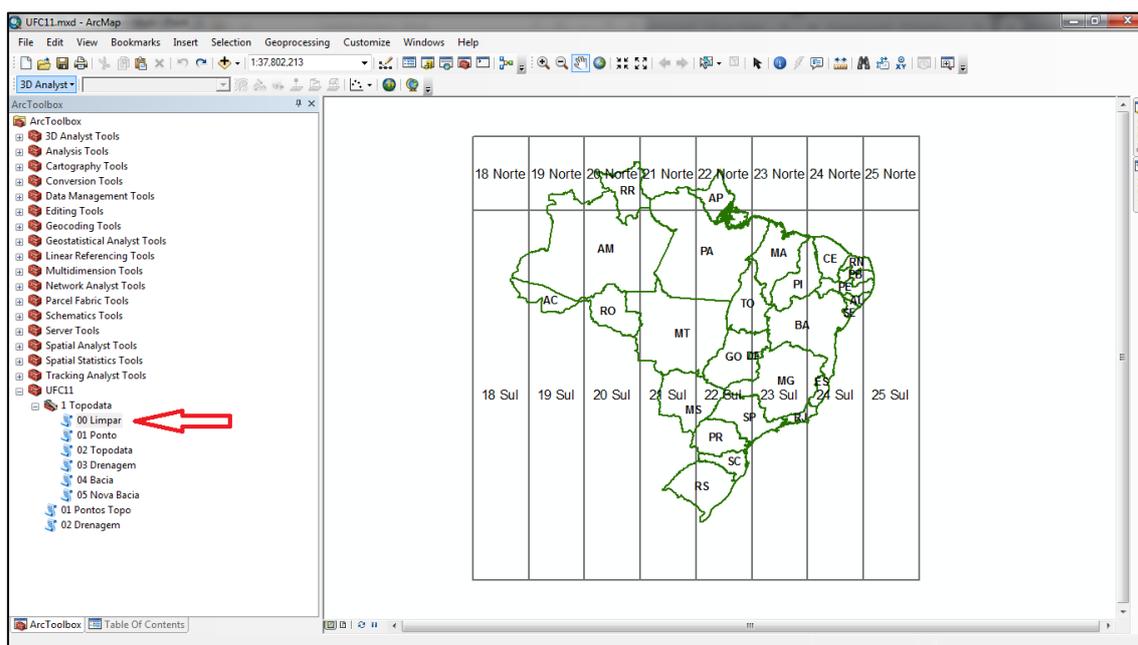


Fig. 10.4 - Abrir comando Limpar

Este comando não exige nenhum dado de entrada. Portanto, ao abrir sua janela basta clicar em OK.

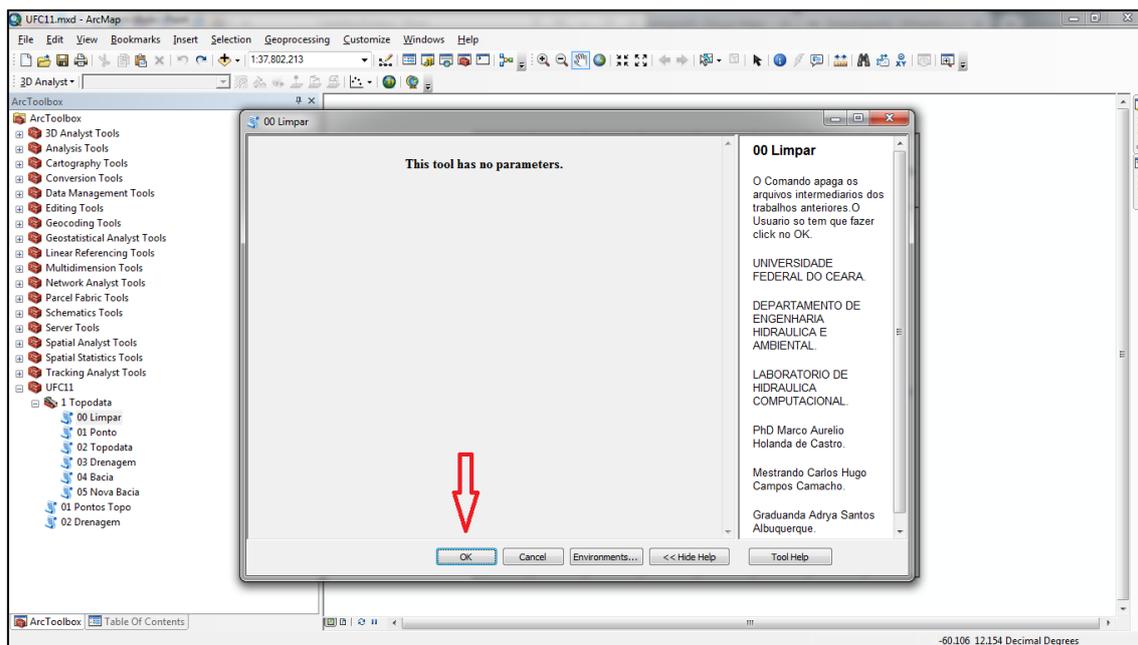


Fig. 10.5 - Executar comando Limpar

O comando leva pouco mais de meio minuto para ser executado, ao terminar o processamento, basta clicar em Close.

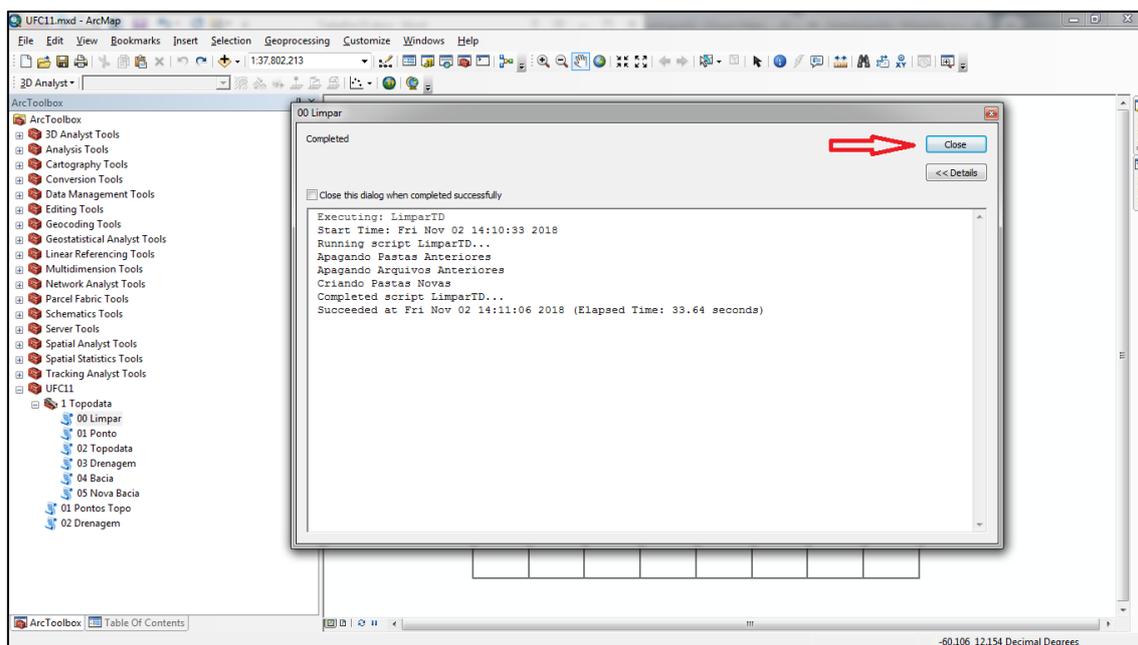


Fig. 10.6 - Fim do comando Limpar

Após sair da limpeza, deve-se ir ao comando Pontos Topo.

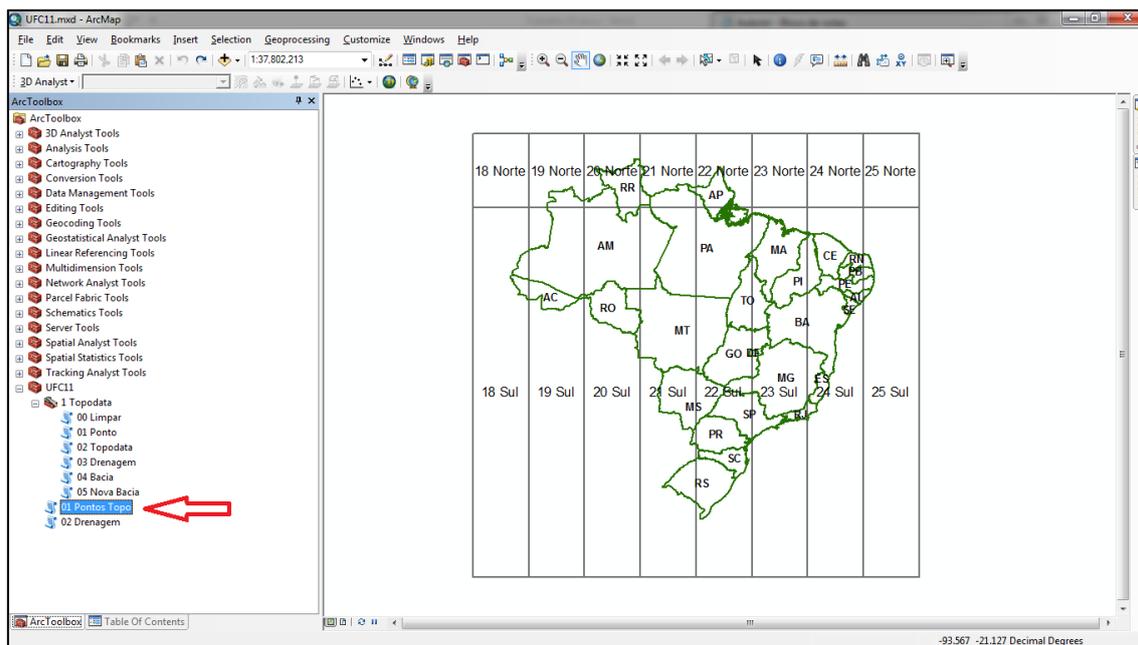


Fig. 10.7 - Acionar comando Pontos Topo

Diferente do comando Limpar, o Pontos Topo necessita de dados de entrada. Deve-se selecionar a região onde se encontra a área de estudo. Deve-se também indicar os dois pontos que delimitam o retângulo da região, primeiro o canto Noroeste e depois o canto Sudeste, o tamanho dos incrementos em ambos os eixos, onde 30 metros é o mínimo, dado o nível de detalhamento realizado no levantamento topográfico das cartas do WGS 84. Deve-se definir também o intervalo de curvas de nível, que varia de acordo com a inclinação da região, abaixo está indicado os dados utilizados no trabalho:

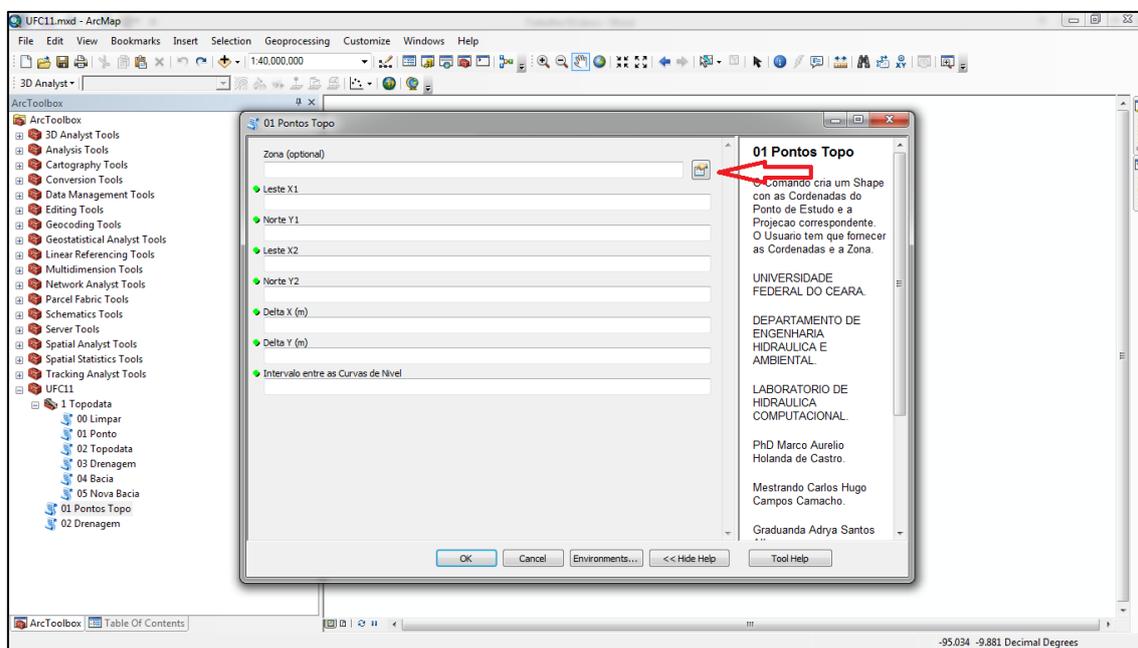


Fig. 10.8 - Abrindo seleção de Zona

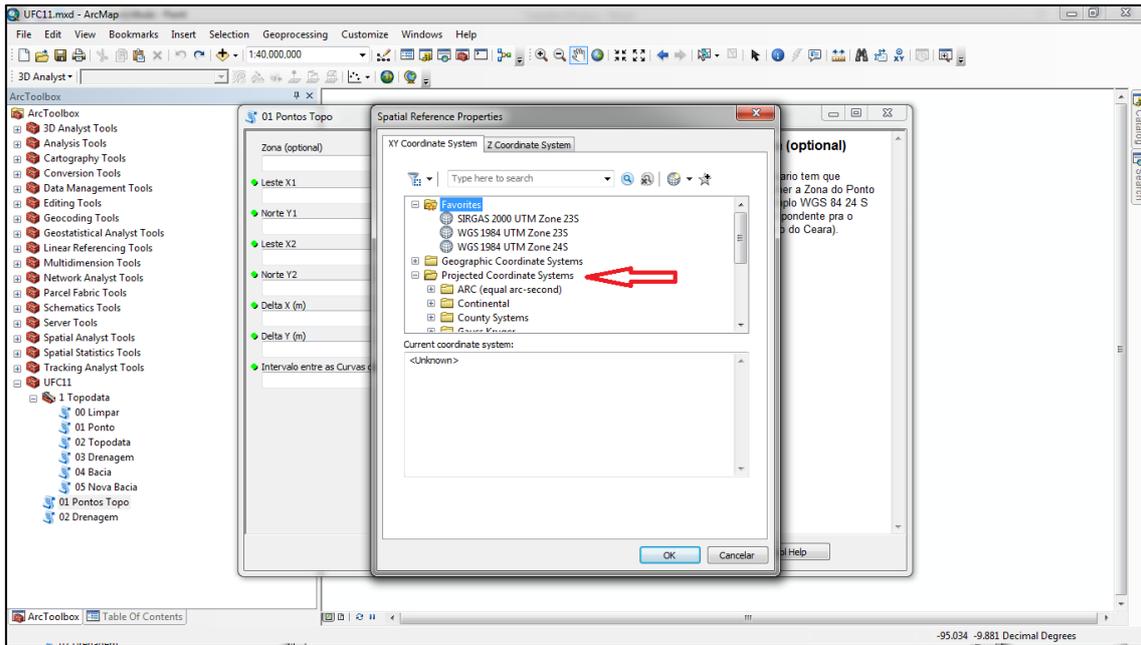


Fig. 10.9 - Selecionar Projected Coordinate System

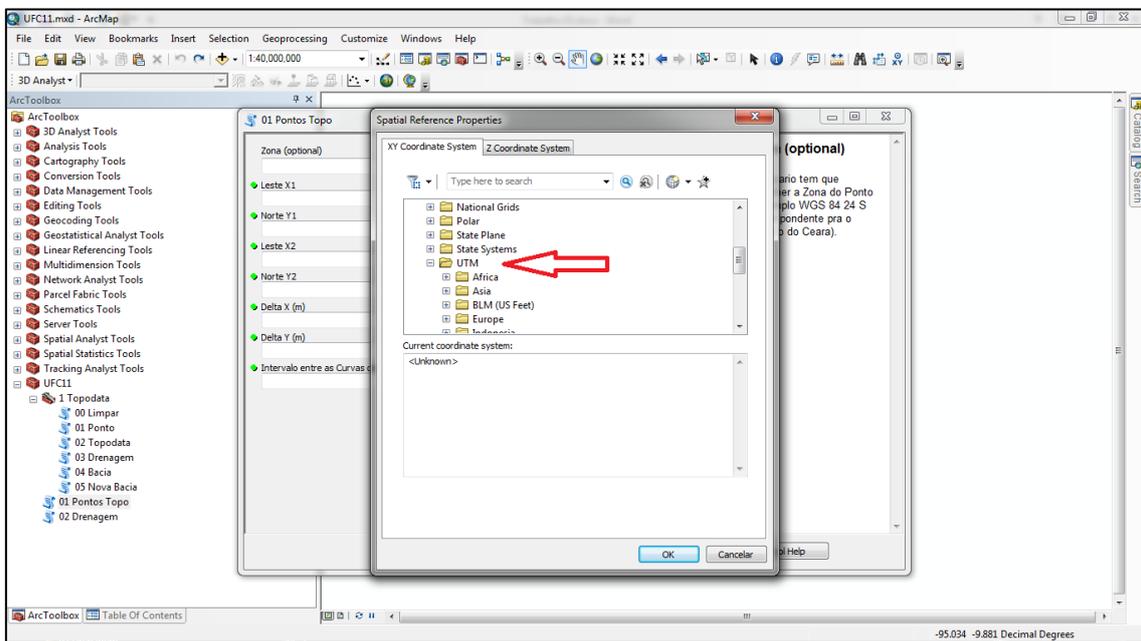


Fig. 10.10 - Selecionar UTM

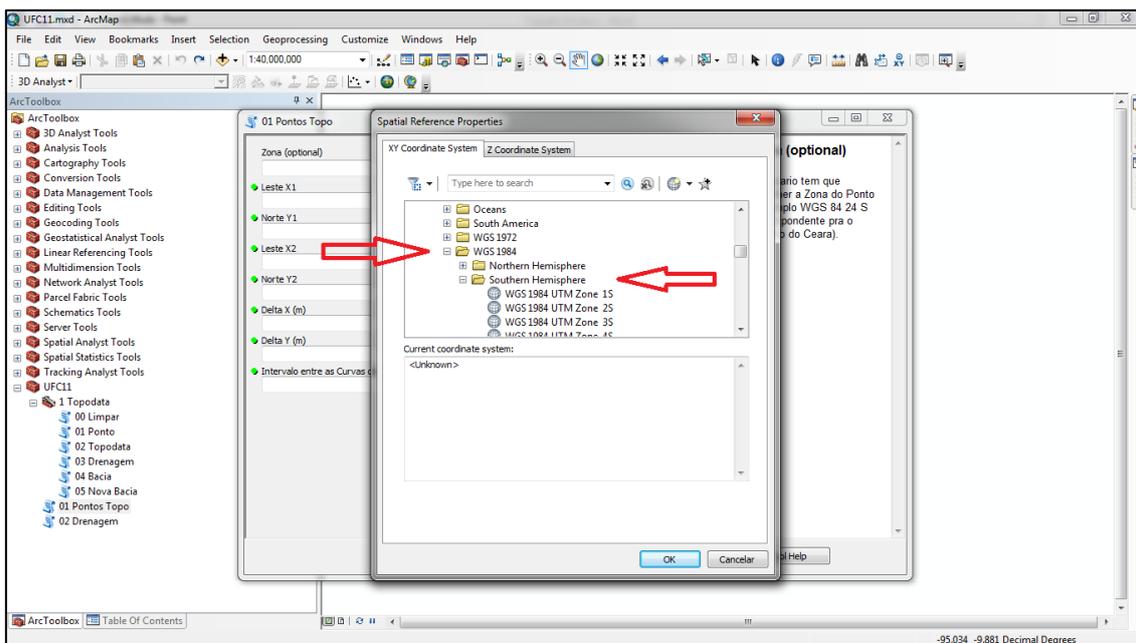


Fig. 10.11 Selecionar - WGS 1984 e Southern Hemisphere

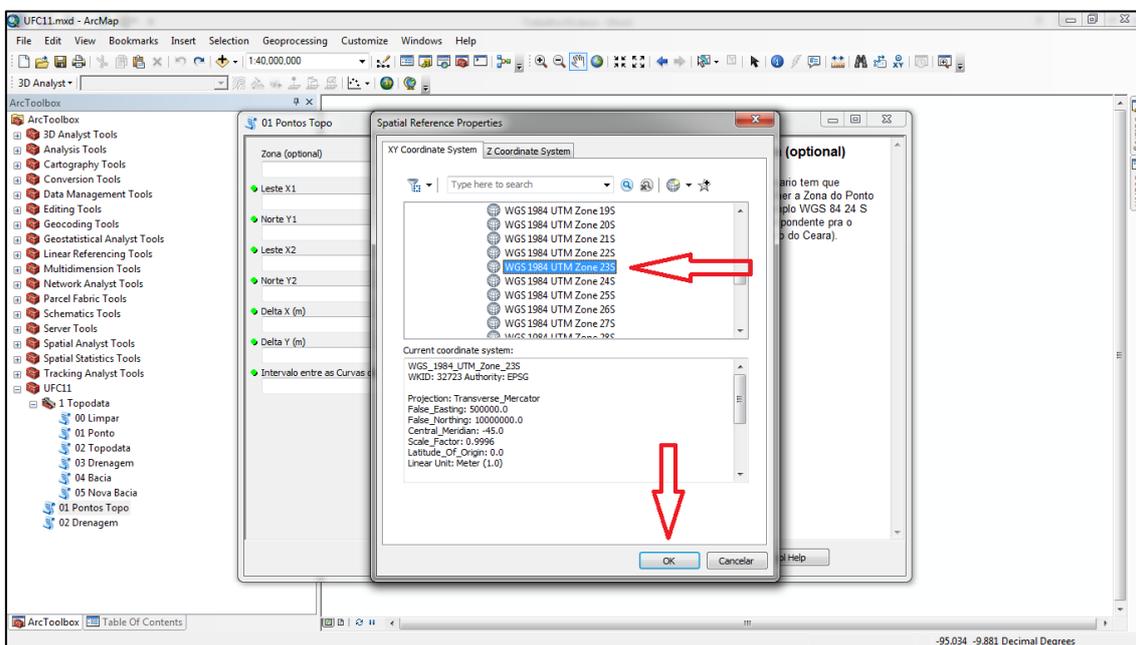


Fig. 10.12 - Selecionar WGS 1984 UTM Zone 23S e clicar em OK

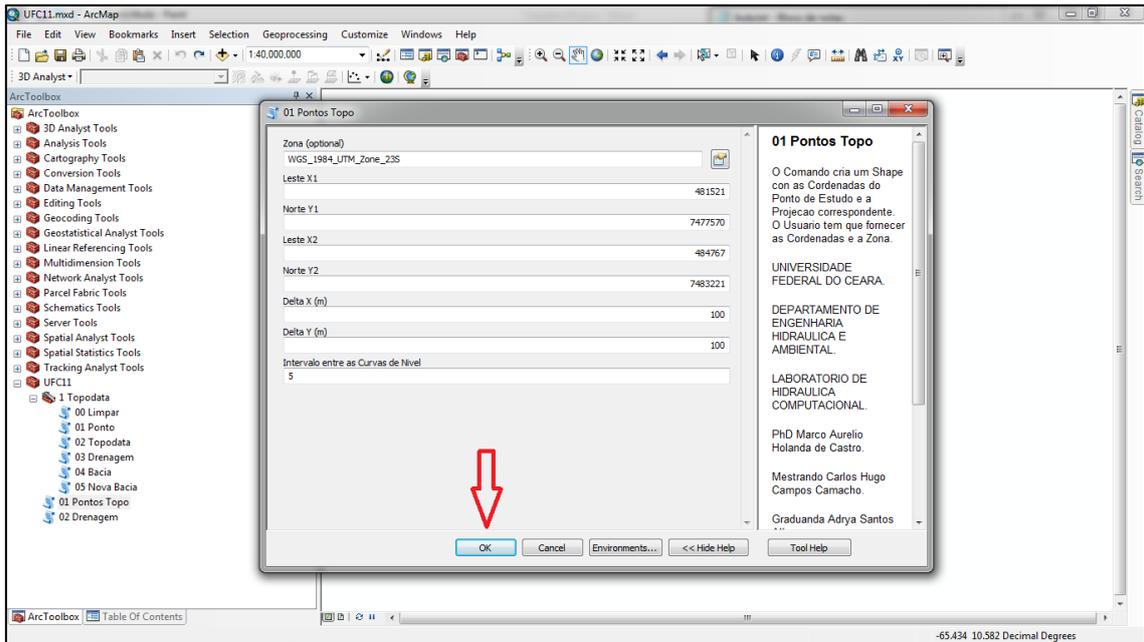


Fig. 10.13 - Entrar com os demais dados e clicar em OK

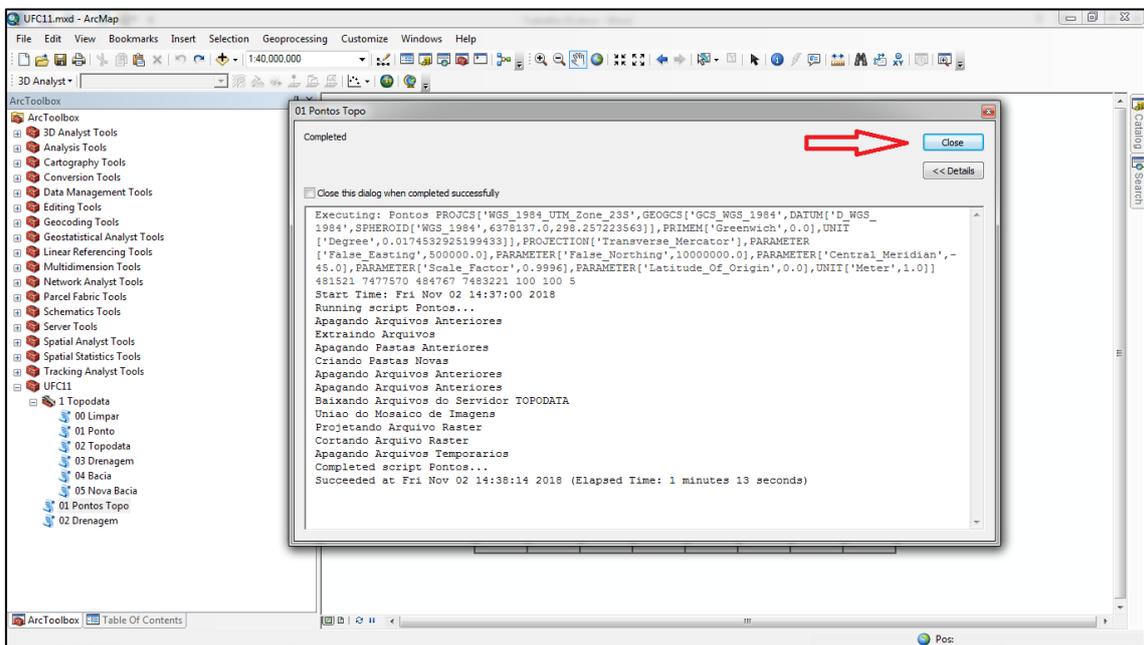


Fig. 10.14 - Ao encerrar comando clicar em Close

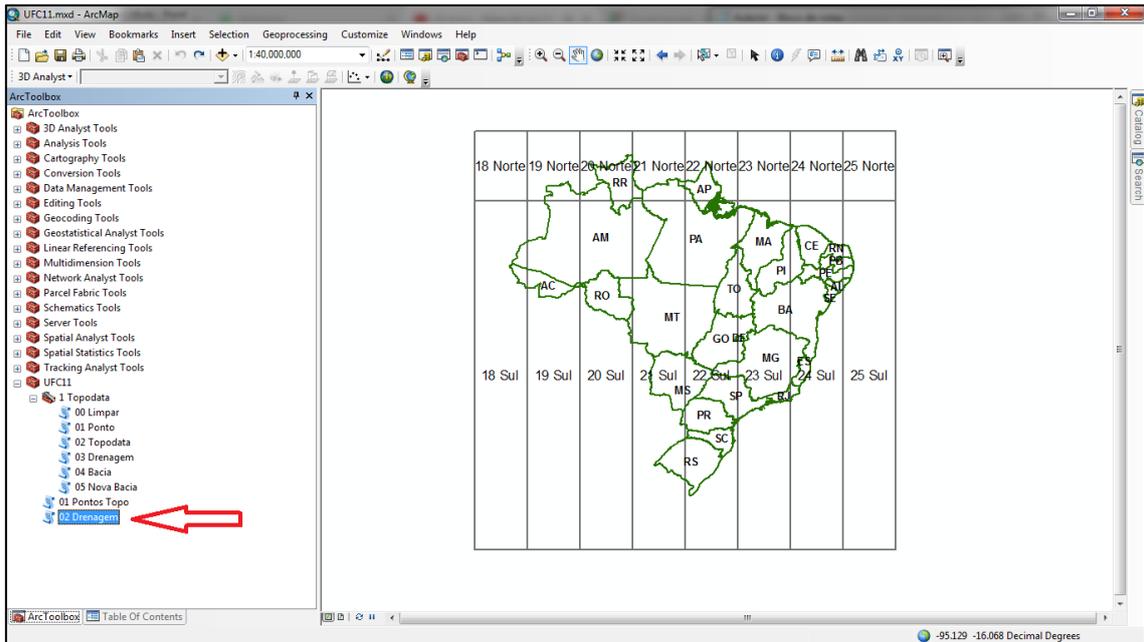


Fig. 10.15 - Ir ao comando Drenagem

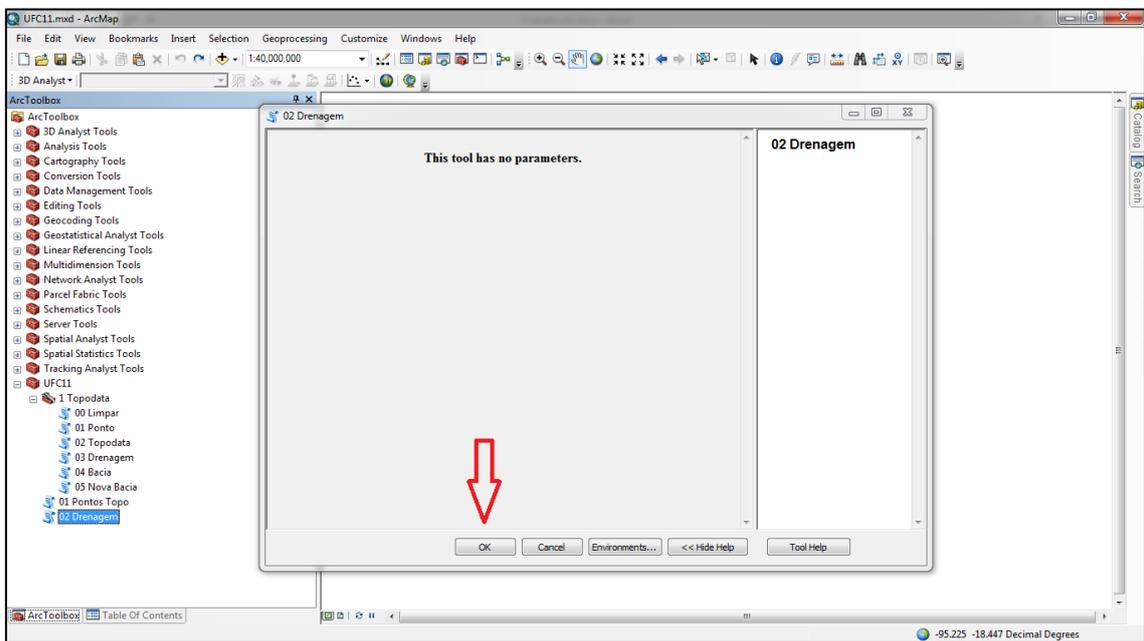


Fig. 10.16 - Clicar em OK

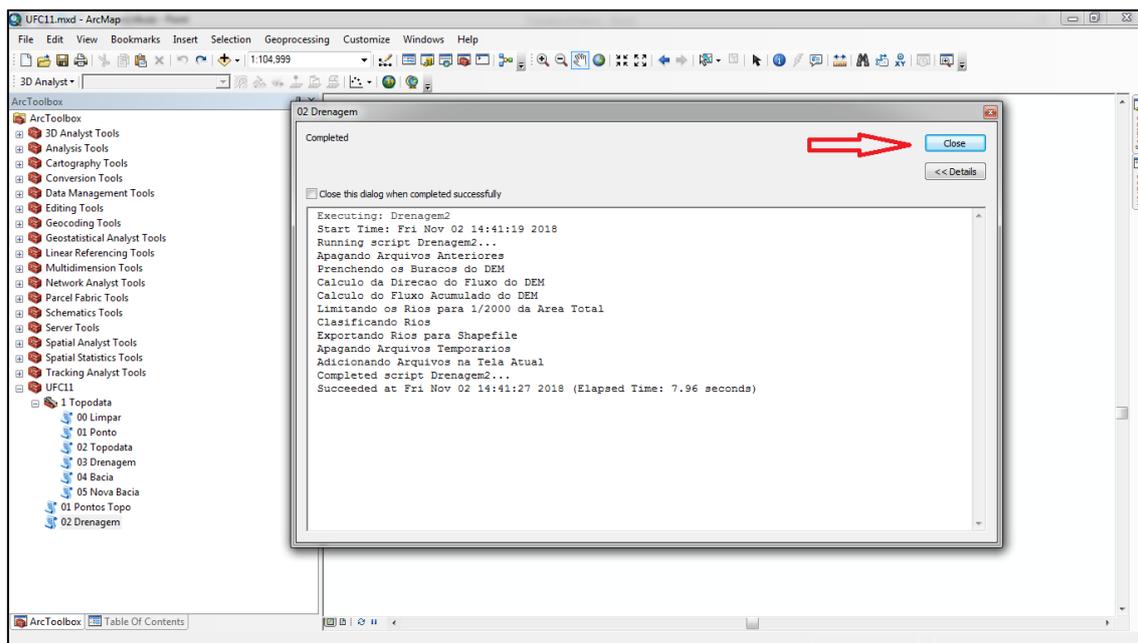


Fig. 10.17 - Ao encerrar o comando clicar em OK

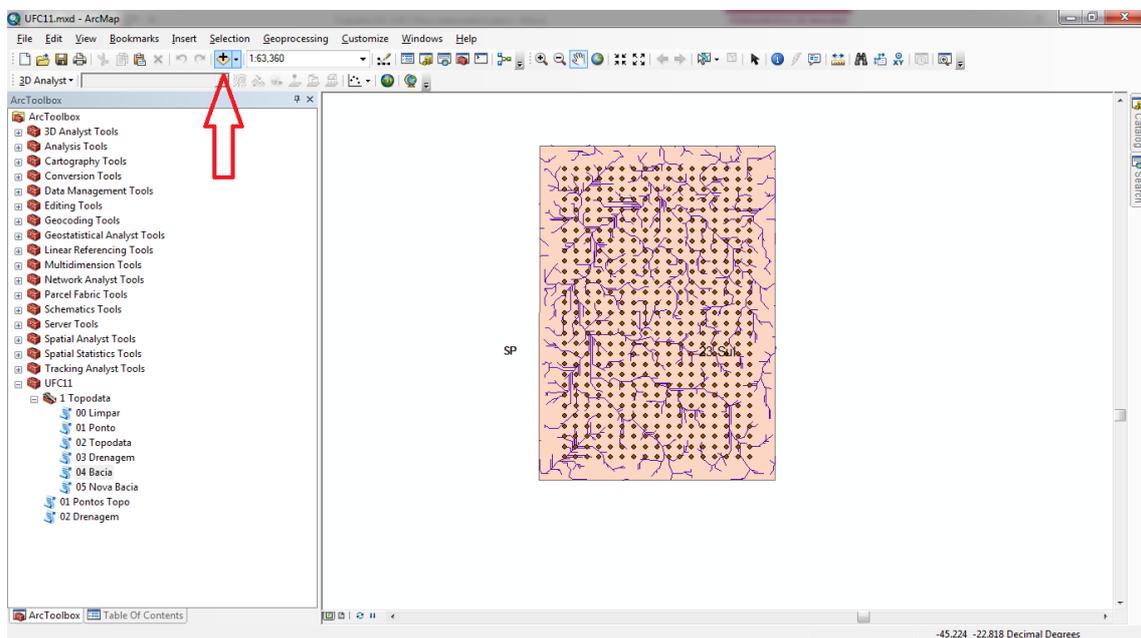


Fig. 10.18 - Para adicionar novos itens, deve-se ir em Add Data

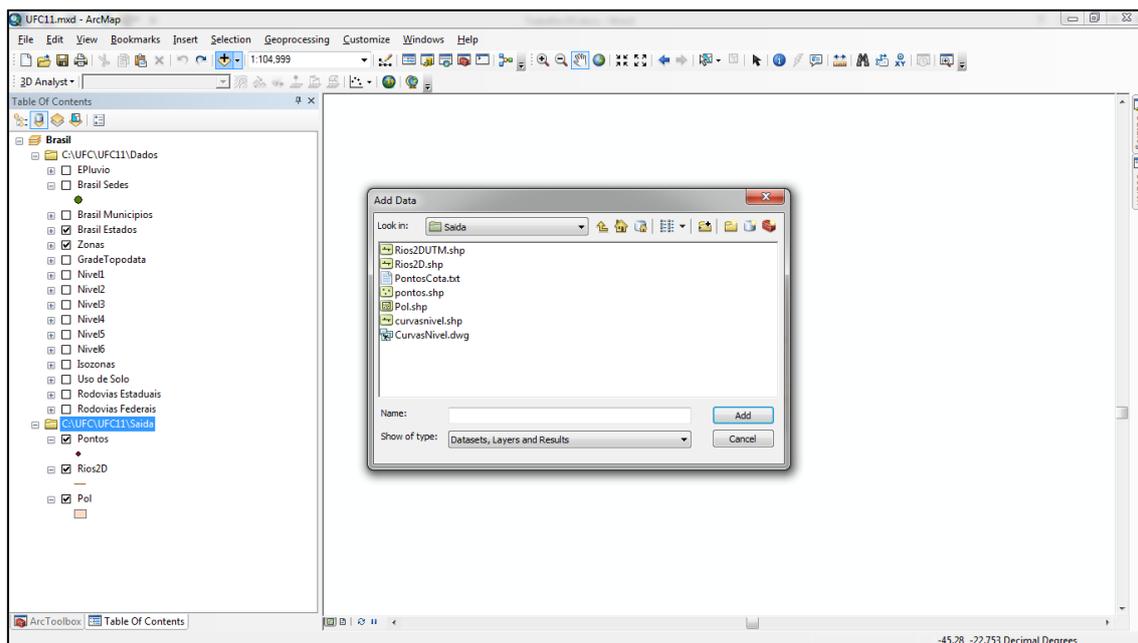


Fig. 10.19 - Os arquivos de saída se encontram em C:/UFC/UFC 11/Saída

### O passo-a-passo do problema no UFCFLOW

Conforme descrito, o problema proposto é de um aquífero, limitado por um rio à oeste e por formações geológicas cristalinas ao sul. Nesse aquífero estão localizados 4 poços de bombeamento e 5 poços de observação de nível, conforme a Figura 10.20.

O objetivo é a simulação das cargas hidráulicas do bombeamento e, em seguida, a calibração dos valores de condutividade hidráulica conforme os níveis obtidos nos poços de observação.

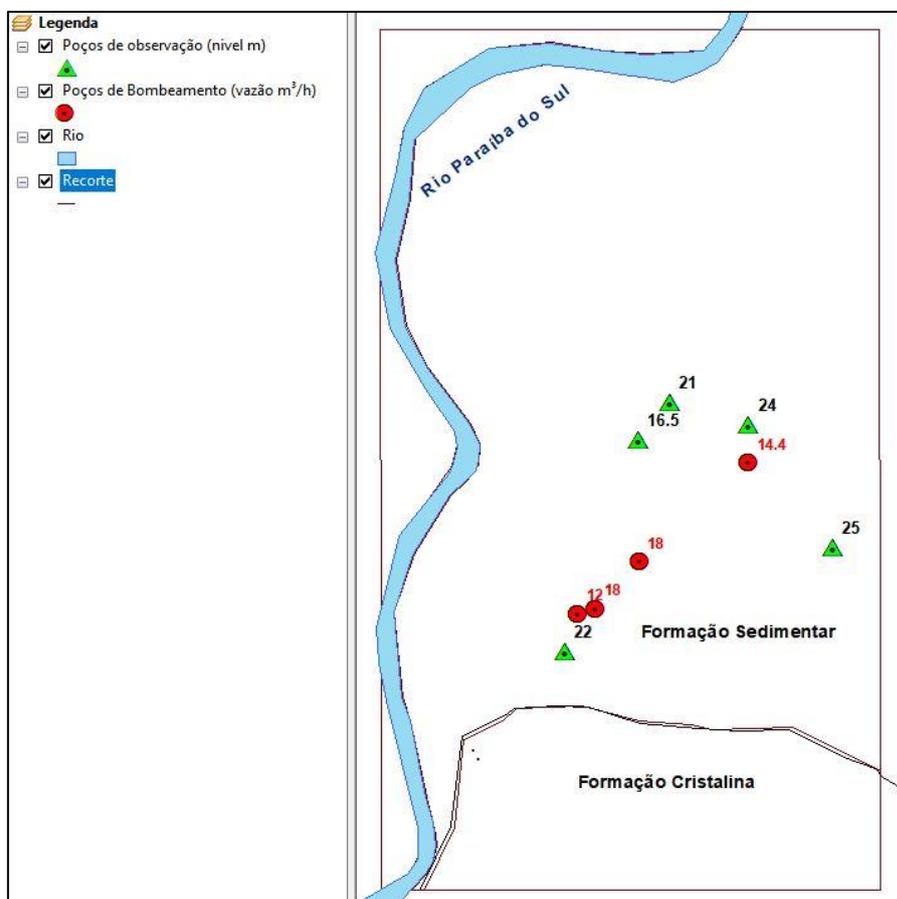


Figura 10.20 - Problema Proposto

1º Passo – Inicialmente, é necessário abrir o *background* mostrado anteriormente para ser usada como plano de fundo no UFC-FLOW.

De posse do arquivo em shapefile, clicar no menu “Inserir”, na barra superior e escolher a opção “Inserir Shapefile” para inserir o *background*, conforme Figura 21. Em seguida escolher o arquivo basemap.shp na pasta de origem e selecionar “abrir” (Figura 10.22).

OBS: É importante que o arquivo shapefile já possua os dados de projeção UTM, para que o programa reconheça o sistema de coordenadas automaticamente.

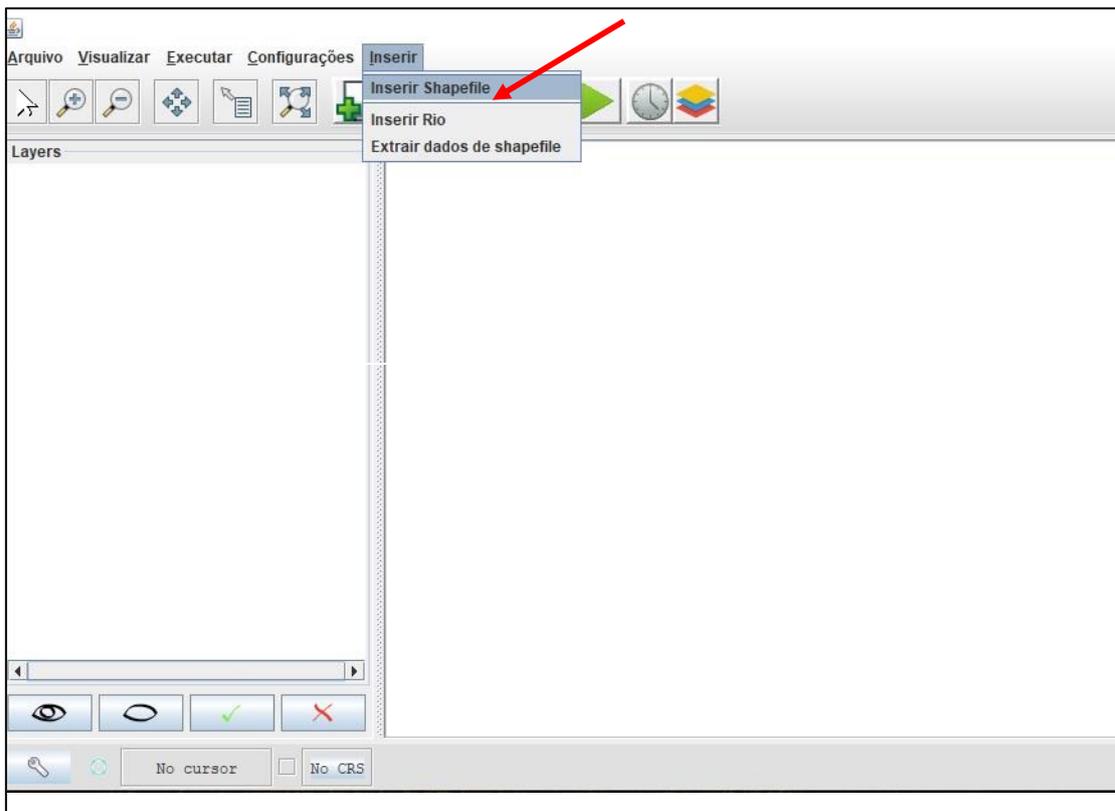


Fig. 10.21 - Inserir shapefile

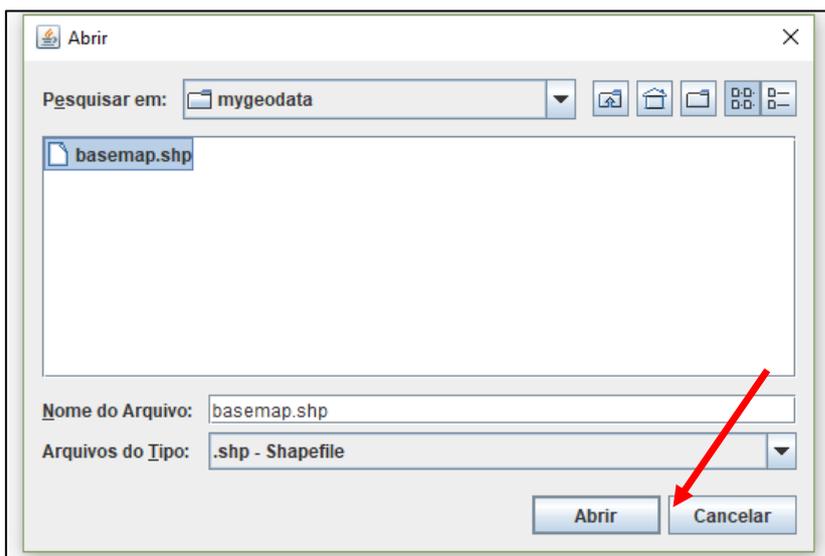


Fig. 10.22 - Abrir basemap.shp

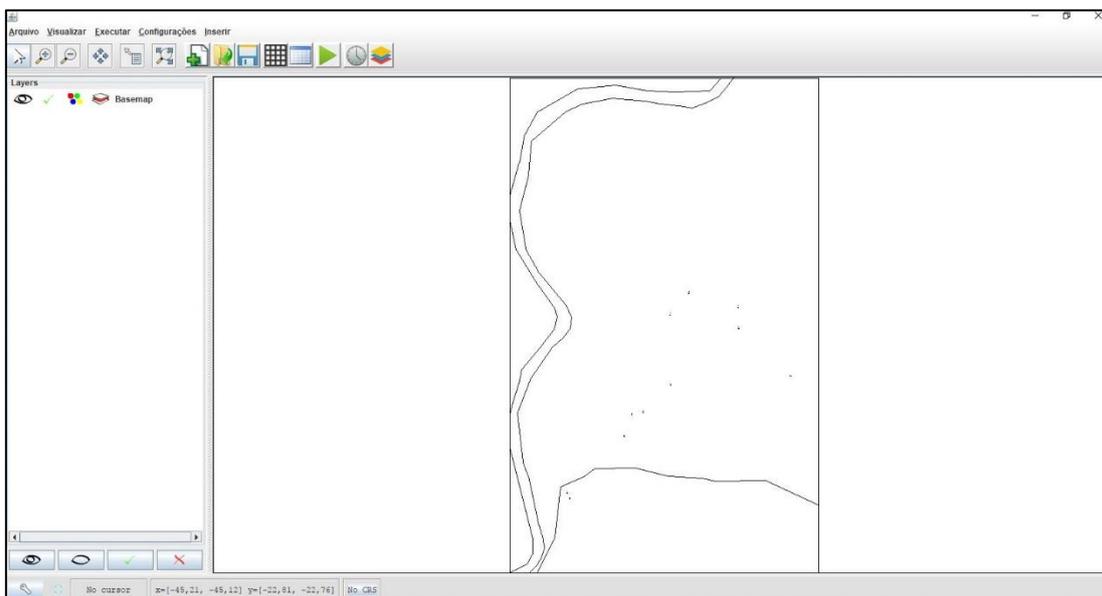


Fig. 10.23 - Plano de fundo aberto no UFC-Flow

2º Passo – Deve ser carregado o arquivo de pontos e cotas, resultante da operação com o UFC 11, para que sejam inseridos os dados topográficos.

Para isso deve ser selecionado o menu Inserir e a opção “inserir dados de texto”. Após aberta a janela, deve-se selecionar a pasta e procurar pelo arquivo “PontosCota.txt”.

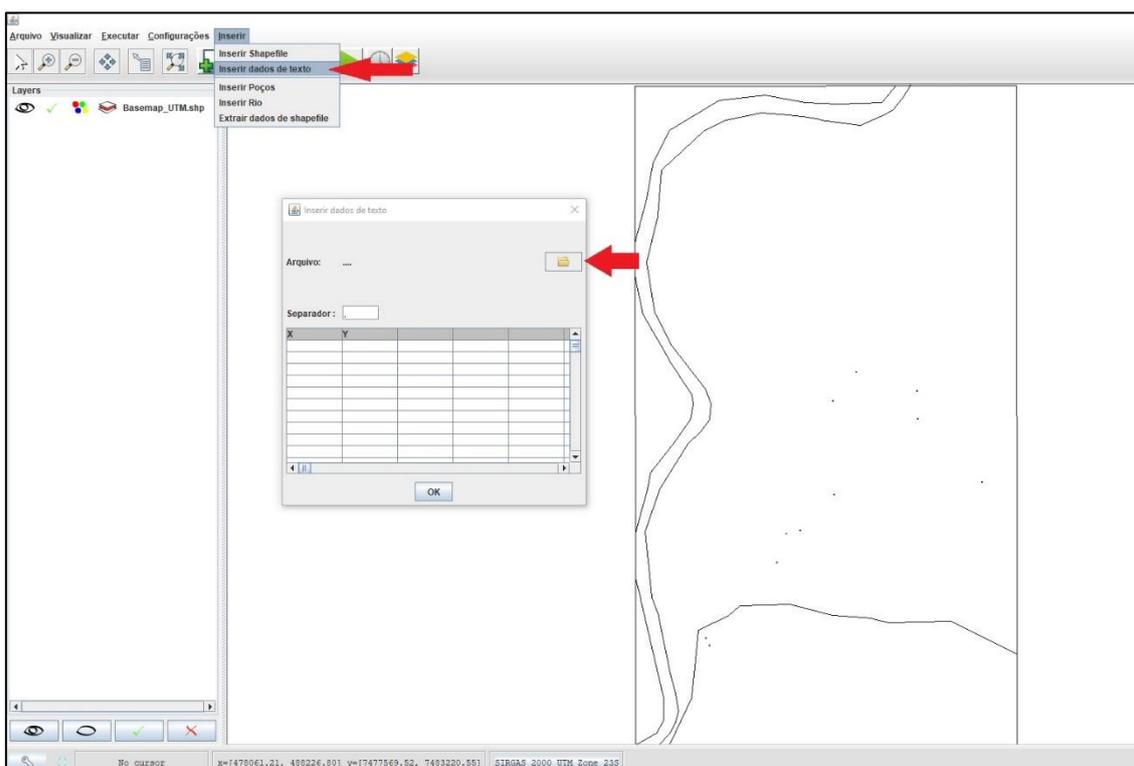


Fig. 10.24 - Inserir dados das cotas

3º Passo – Após aberta a tabela de coordenadas e cotas (xyz), atentar para o separador de colunas, que deve ser a vírgula. Na última coluna, correspondente às cotas, na primeira linha deve-se selecionar o formato de dados “real”, e na segunda linha deve ser nomeada a coluna como “Z” ou outra nomenclatura e pressionar em “OK”, resultando na tela mostrada na Figura 10.25.

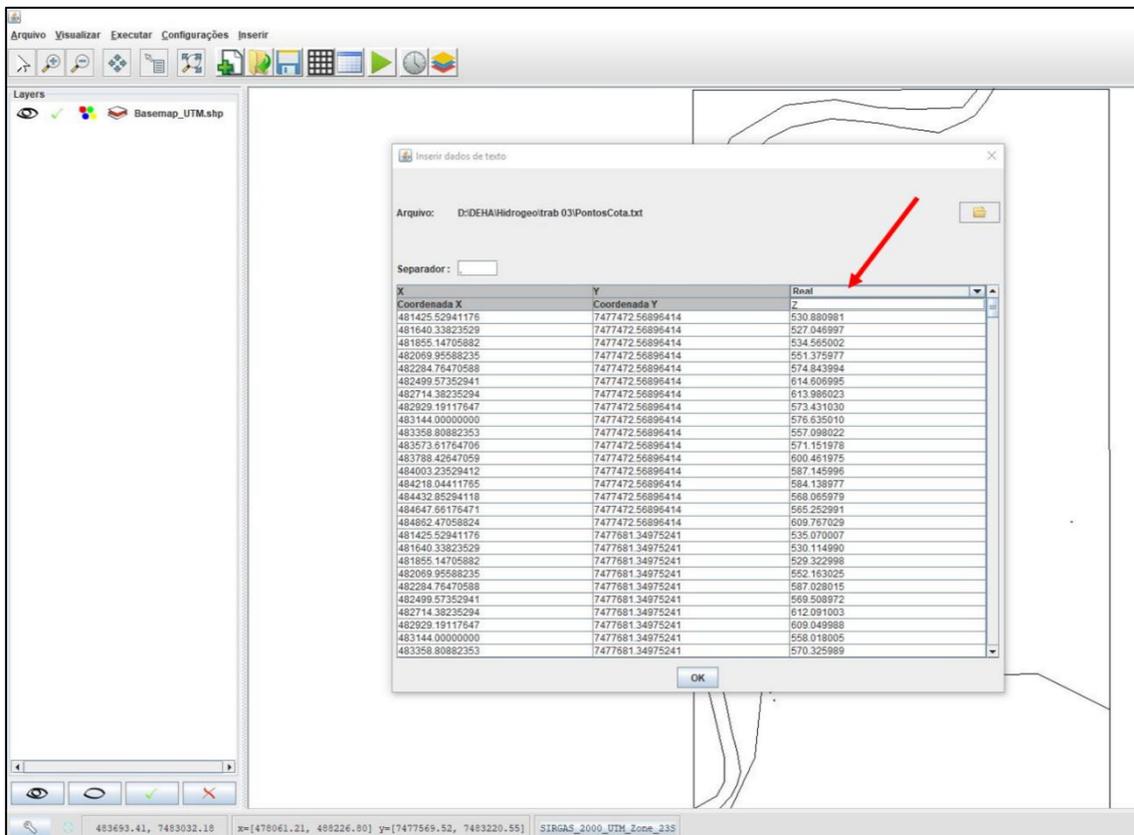


Fig. 10.25 - Alterar tipo de dados para real e nome da coluna Z

Os pontos inseridos deverão ficar sobre o background inserido, como mostrado na Figura 10.26.

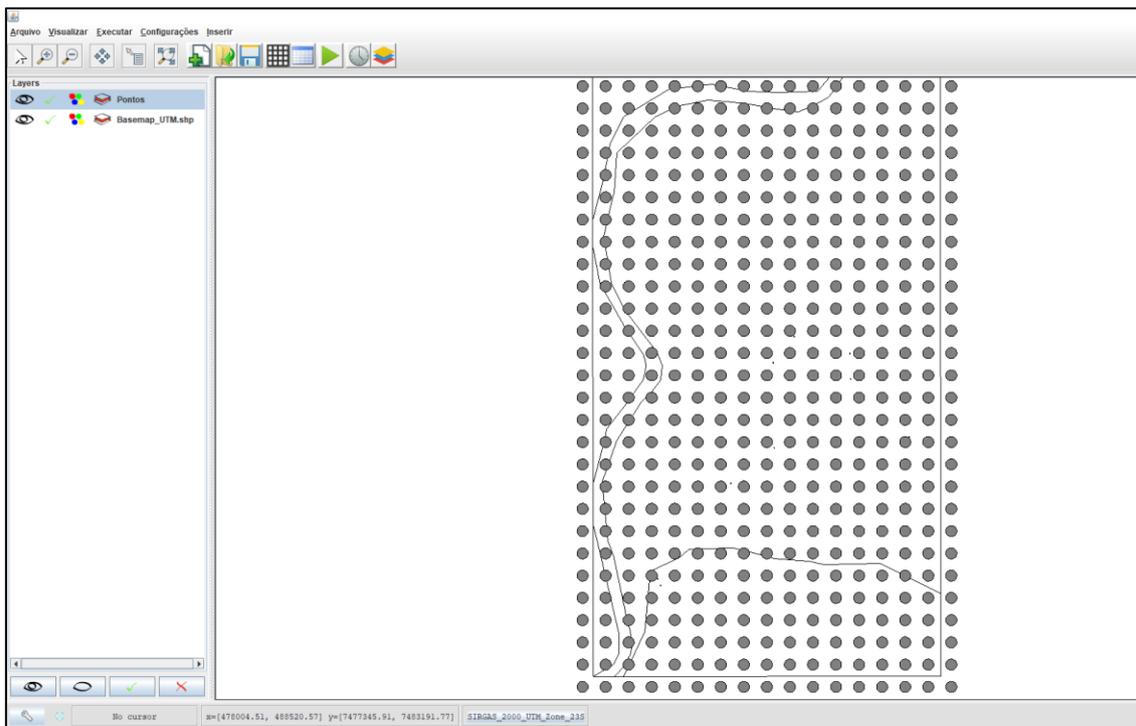


Fig. 10.26 - Pontos e Cotas sobre o basemap

3º Passo – É necessário interpolar os dados de cotas desses pontos para uma rede triangular (TIN) para que possa ser analisada pelo programa. Para isso deve-se clicar no menu “Executar” e, em seguida, “Executar triangulação”.

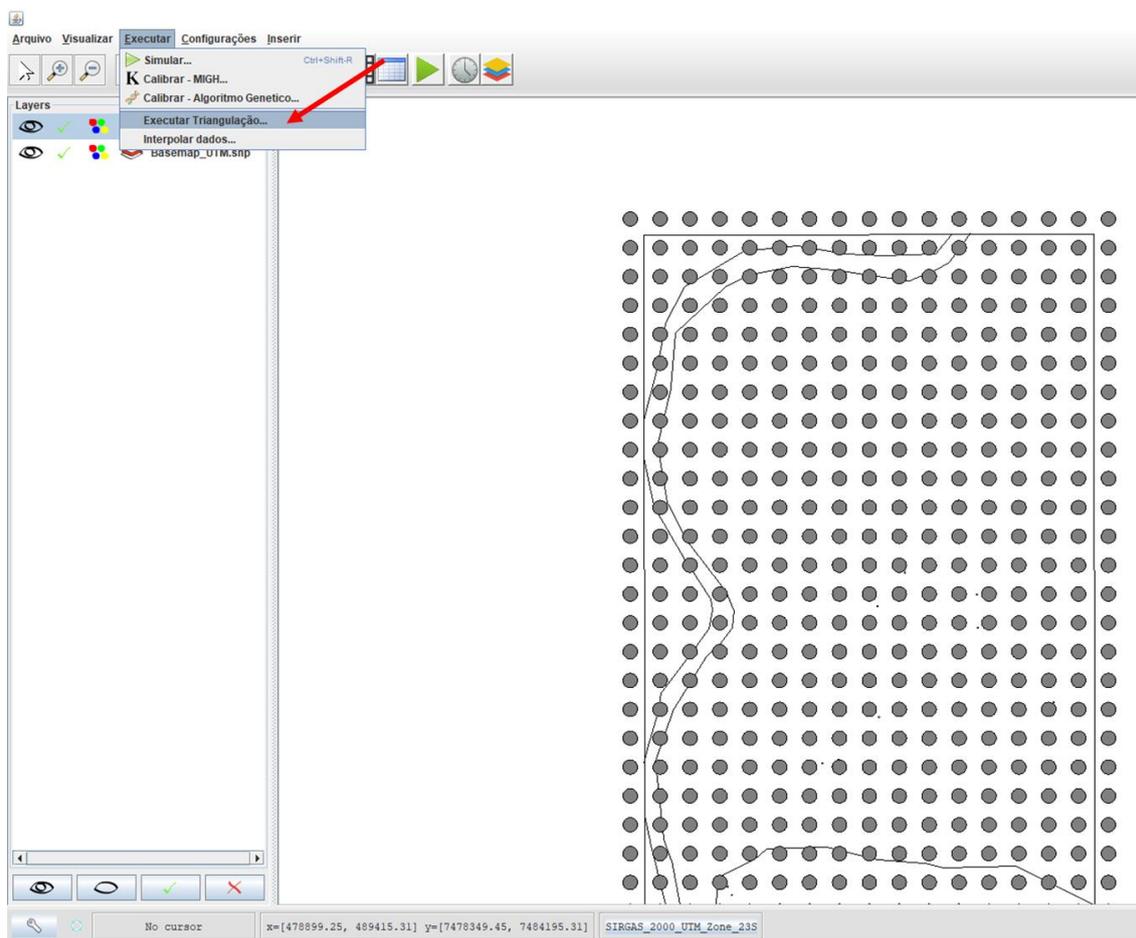


Fig. 10.27 - Executar triangulação

4º Passo – Na nova janela aberta, seleccionar camada = pontos e parâmetro = z para executar a triangulação das elevações e clicar em “Criar triangulação”.

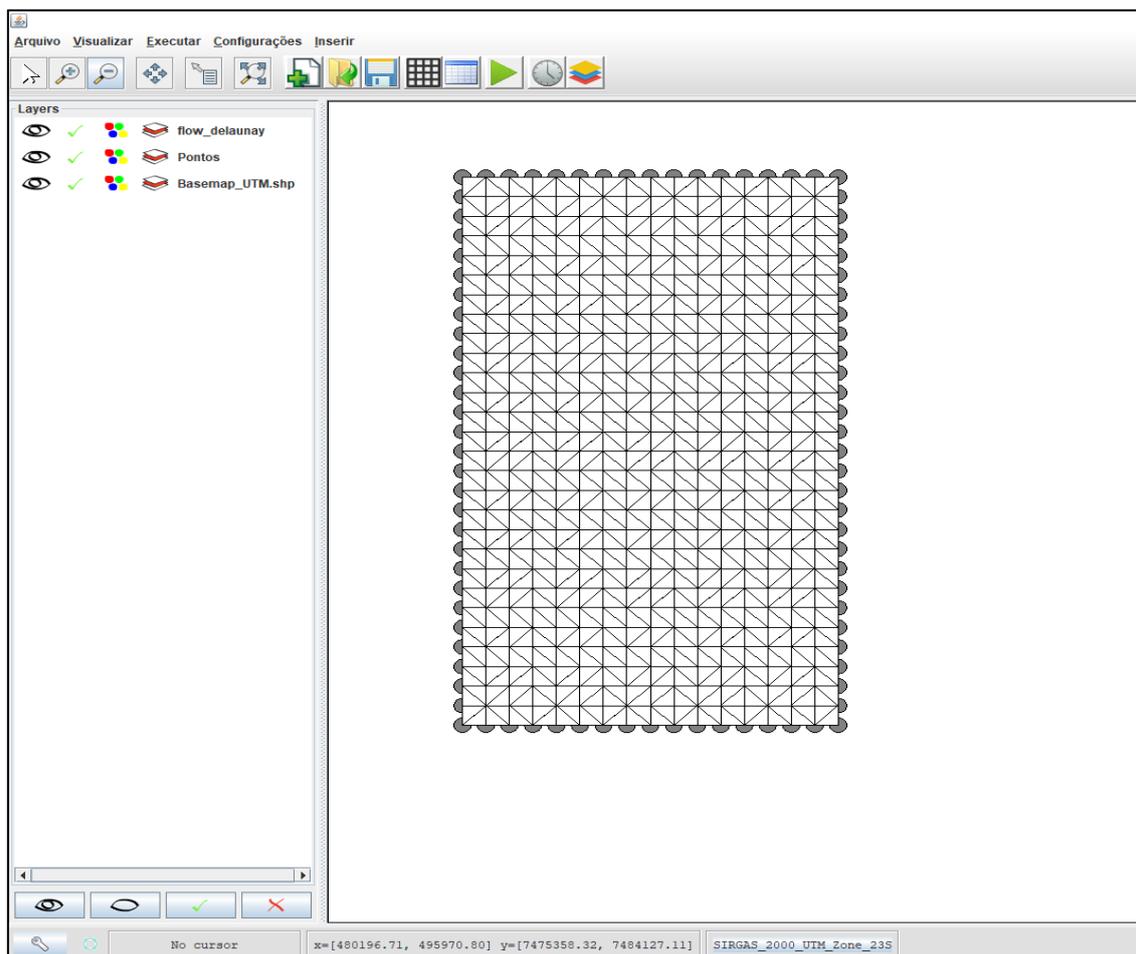


Fig. 10.28 - Rede triangular

5º Passo – Para que se possa ver com mais clareza o background inserido, as layers de “flow\_delaunay” e “pontos” podem ser ocultadas, clicando no ícone dos olhos, do lado esquerdo da janela.

6º Passo – Clicar no botão “Criar Novo”, representado pelo ícone da folha em branco e o sinal positivo verde, e, em seguida, clicar na tela do desenho

7º Passo – Na nova janela que será aberta, após o desenho do retângulo, modificar número de linhas e colunas para 54 e 32, respectivamente e clicar em “camada” conforme indicado na Figura 10.29 e selecionar “flow delaunay”.

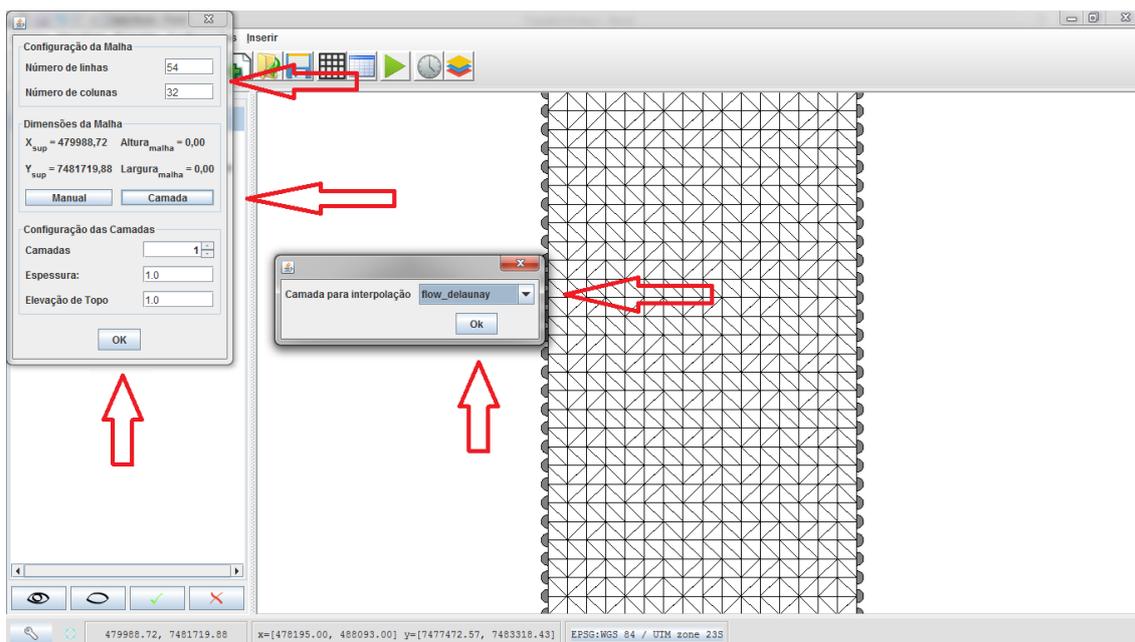


Fig. 10.29 - Criar nova malha

8º Passo – Selecionar as células desejadas para alterações das condições de contorno (seleções múltiplas de regiões podem ser conseguidas segurando o CTRL) e clicar em Alternar vista para condições de contorno, conforme Figura 10.30. Na janela aberta clicar em Alterar valores, selecionar o tipo de condição das células selecionadas, dar OK e fechar a janela de parâmetros (Figura 10.31)

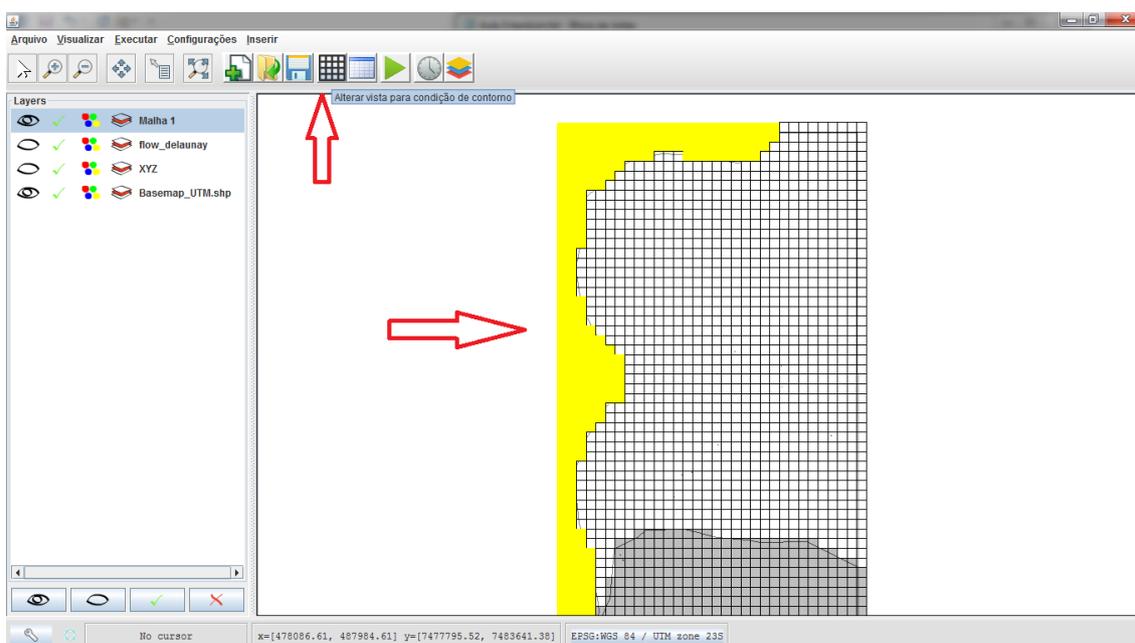


Fig. 10.30 - Seleção das células

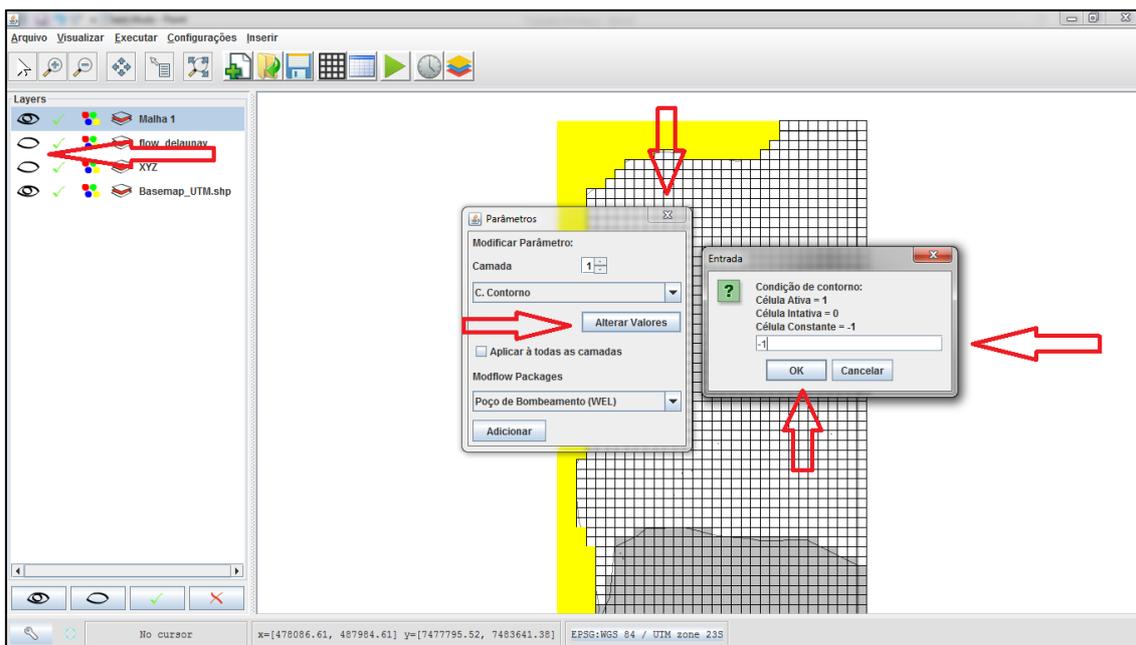


Fig. 10.31 - Alterar condições de contorno

9º Passo – A configuração será dividida em células inativas (solo rochoso), células constantes (Rio e restante do contorno) e células ativas (células do centro da malha). Ficando com a configuração mostrada na Figura 10.32

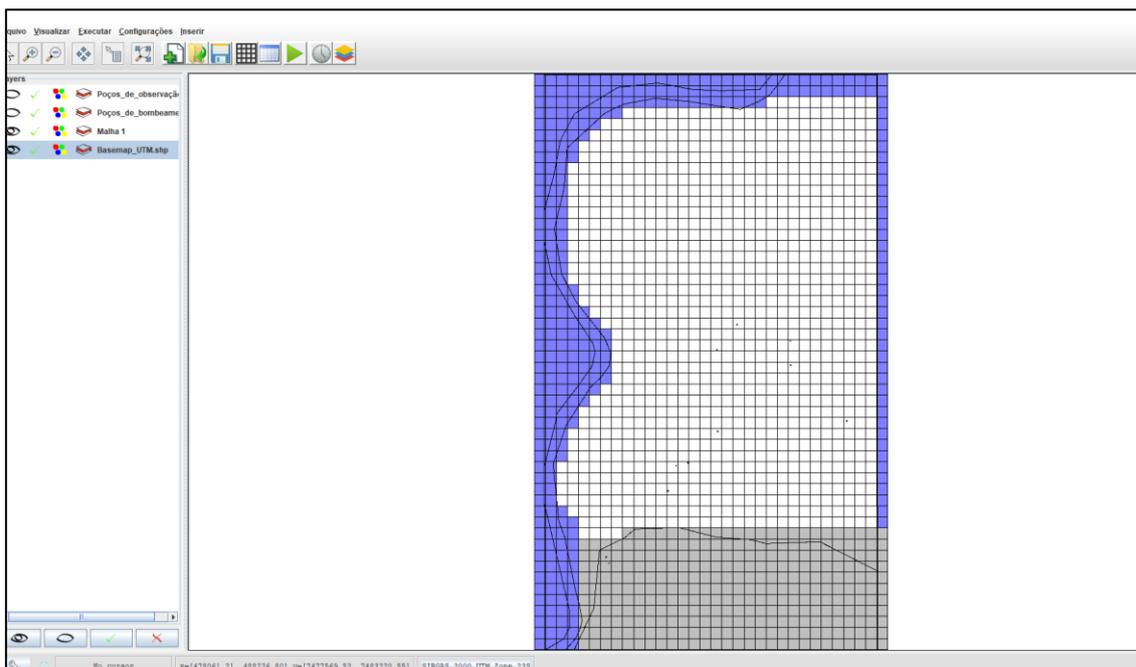


Fig. 10.32 - Células ativas em branco, inativas em cinza e constantes em azul

10º Passo – Para inserção dos poços de bombeamento, ir novamente em Inserir dados de texto e escolher a entrada do arquivo fornecido para poços de bombeamento e depois poços de observação. Em cada um deles escolher as colunas com dados que precisam ser levados em

consideração, escolher o tipo de variável delas (geralmente Real) e dar um nome ao parâmetro. Depois dar Ok.

No caso dos poços de bombeamento entrar com a vazão e poços de observação com o nível estático.

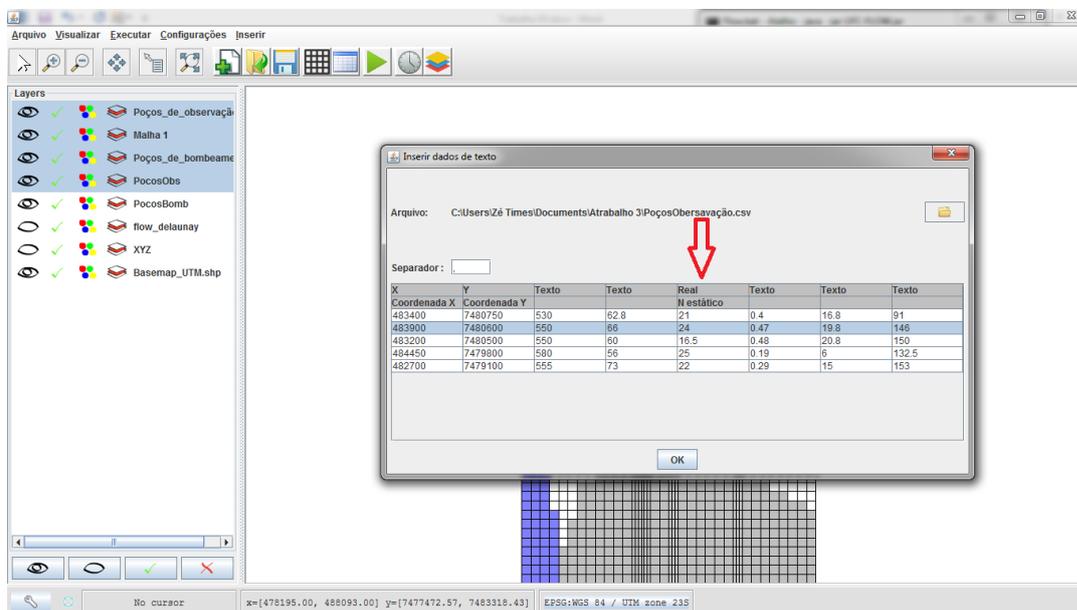


Fig. 10.33 - Inserção dos pontos dos poços de bombeamento

11º Passo – Para inserção dos poços de bombeamento, ir novamente em Inserir dados de texto e escolher a entrada do arquivo fornecido para poços de bombeamento e depois poços de observação. Em cada um deles escolher as colunas com dados que precisam ser levados em consideração, escolher o tipo de variável delas (geralmente Real) e dar um nome ao parâmetro. Depois dar Ok.

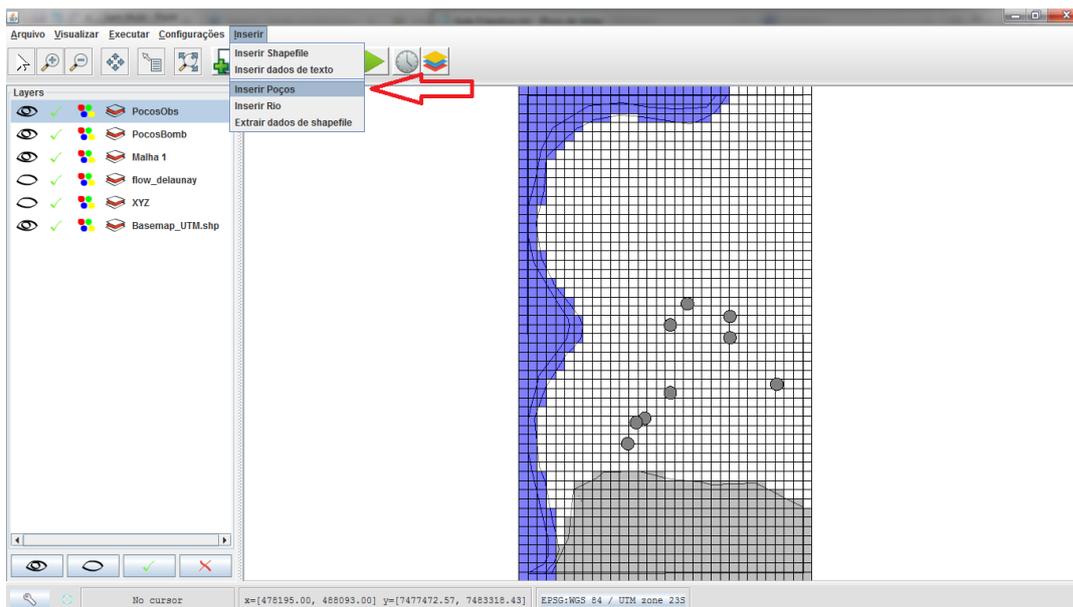


Fig. 10.34 - Pontos inseridos

12º Passo – Para entrar com os dados dos poços nas células correspondentes da malha ir no menu Inserir e, em seguida, escolher a opção “Inserir poços”. Escolher a opção para bombeamento e selecionar no campo camada a layer corresponde aos pontos desses poços. No campo parâmetros selecionar os dados de vazão, como nomeados anteriormente. Optou-se por não fazer o refinamento da malha

13º Passo – Repetir o mesmo procedimento para os poços de observação. A configuração dos poços é mostrada na Figura 10.35

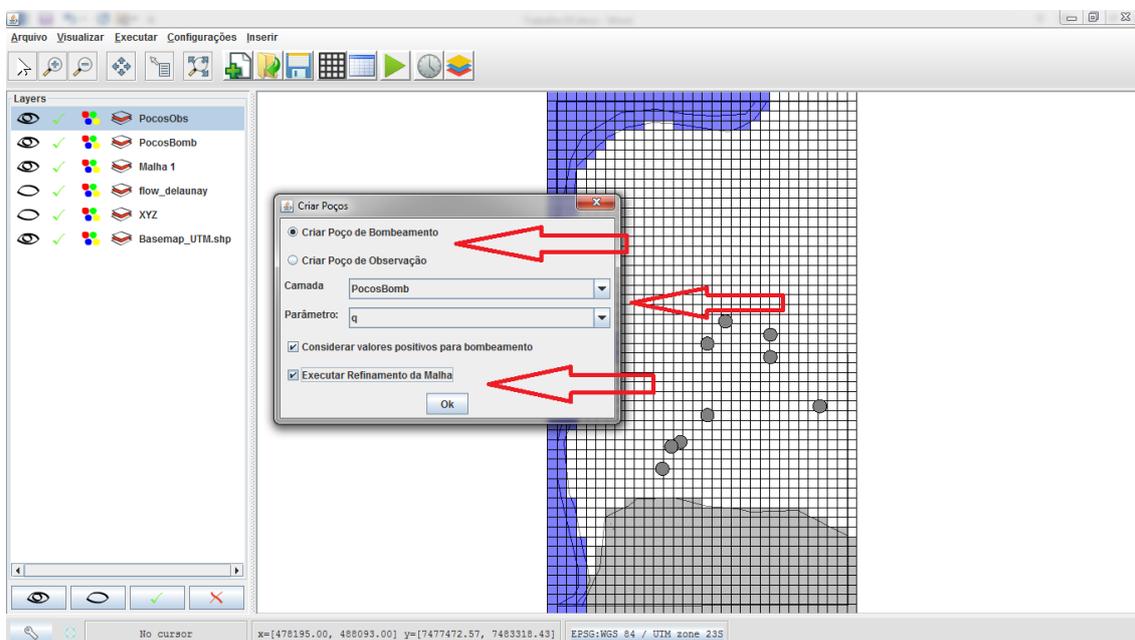


Fig. 10.35 - Criação dos poços

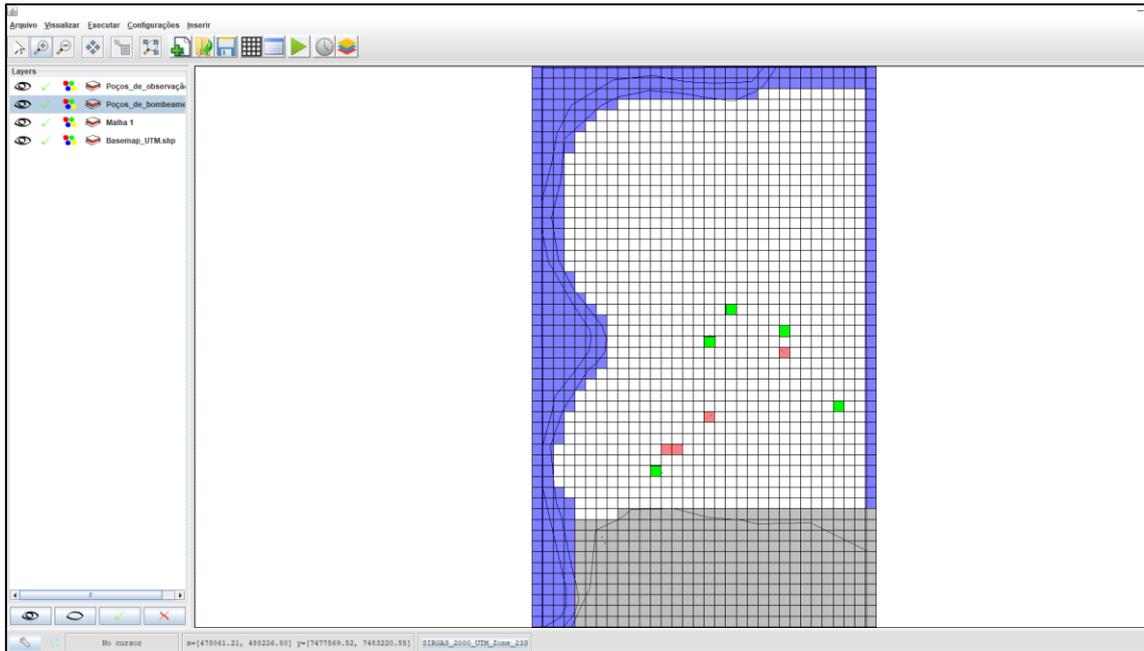


Fig. 10.36 - Configuração final das células da malha

14º Passo – Agora faz-se necessário o preenchimento dos dados de elevação de topo, cargas hidráulicas e outros parâmetros na Tabela de atributos. Para isso, escolher no menu Executar a opção “Interpolar dados”. Na tabela aberta escolher como parâmetro “Elevação de Topo do sistema” e na camada para interpolação selecionar “flow delaunay”. Assim, os dados de topografia serão transferidos para as células da malha.

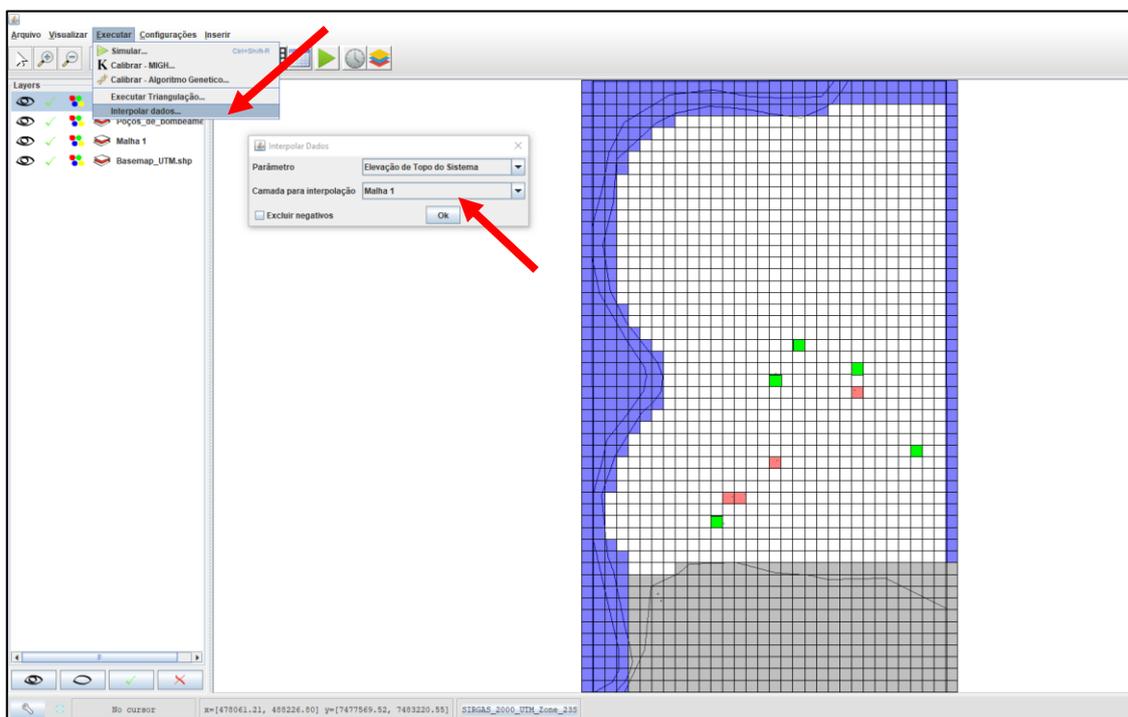


Fig. 10.37 - Interpolar dados de topografia para cota de topo do sistema

15º Passo – Com os dados de topo preenchidos, selecionar o botão da tabela de atributos e na camada escolher elevação de fundo. Clicar sobre a tabela e pressionar a tecla Ctrl + A para que sejam selecionadas todas as células. Com as células selecionadas, clicar na opção no canto inferior “Alterar valores” e digitar o valor de -1000.

Esses valores são escolhidos para que seja garantido que o bombeamento da água subterrânea não chegue até o nível de fundo do aquífero e o sistema passe a trabalhar com condição seca, gerando erros no software.

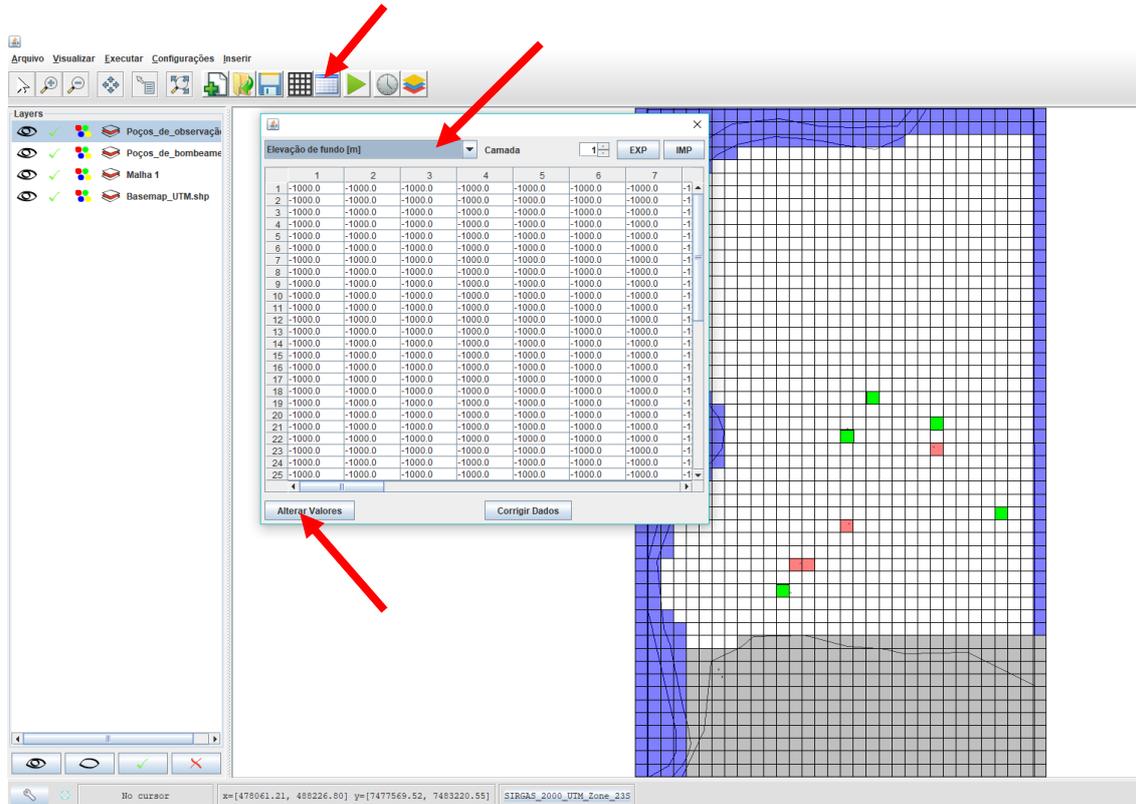


Fig. 10.38 - Preenchimento dos dados de fundo

16º Passo – Ainda na tabela de atributos escolher a camada de “Carga Hidráulica”. Nesse caso deverão ser importados os dados fornecidos no arquivo “carga.txt”, para que sejam estabelecidas as células de carga constante em azul. Para isso clicar no botão “IMP” no canto direito, escolher o arquivo “carga.txt” e clicar em abrir.

Essas cargas foram definidas previamente, sendo o conjunto de células correspondente ao rio, no canto esquerdo e no canto superior, igual à cota topográfica + 2 metros. Já na coluna do canto direito, os valores foram obtidos por meio da interpolação das cargas dos poços de observação.

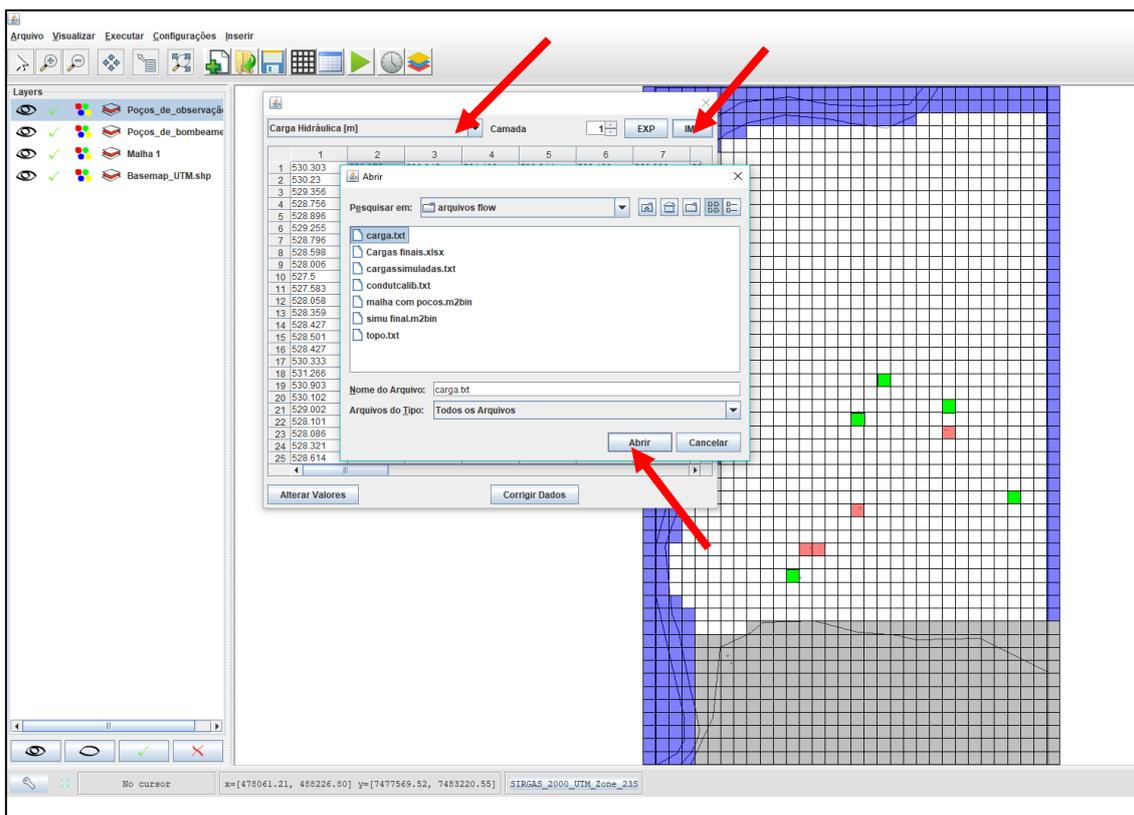


Fig.

### 10.39 - Importação das cargas hidráulicas

17º Passo – Ainda na tabela de atributos escolher a camada de “Condutividade Horizontal”, selecionar todas as células e clicar em “alterar valor”. Nesse caso, o valor inicial sugerido é de 0.001 m/h.

18º Passo – Repetir o mesmo procedimento para a camada de “condutividade vertical”.

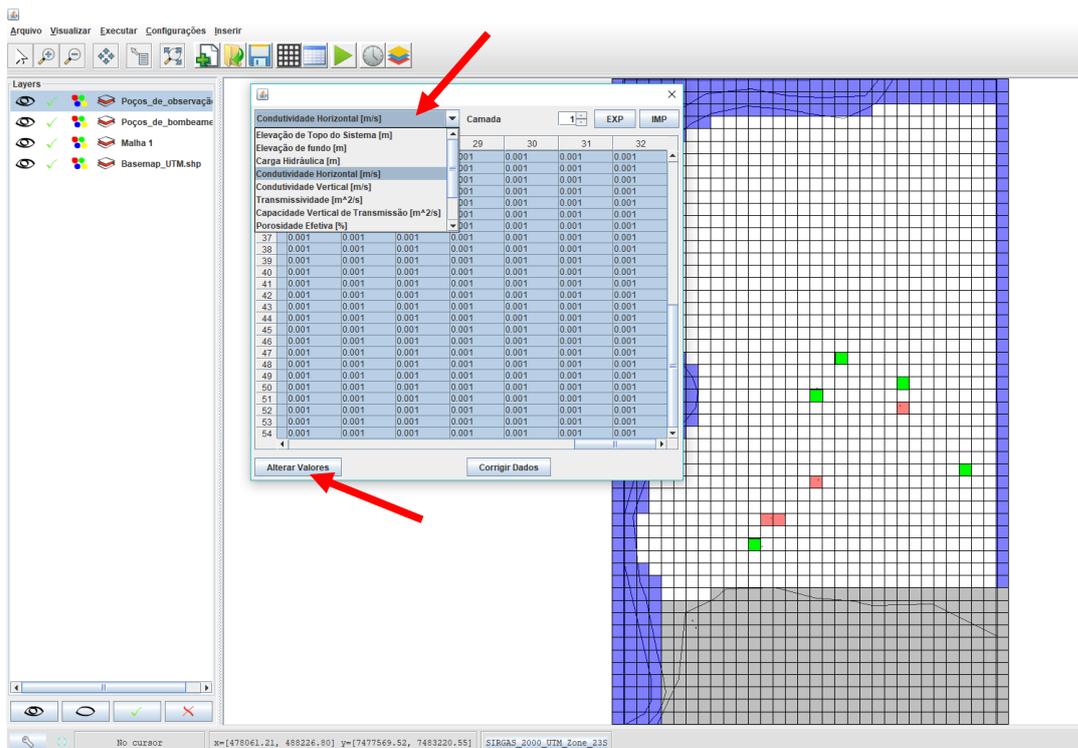


Fig. 10.40 - Preenchimento dos dados de condutividade

19º Passo – Ir no menu Configuração e selecionar a opção “Default”. Trocar a unidade de tempo para horas, para que os dados inseridos estejam de acordo com as unidades dos dados fornecidos.

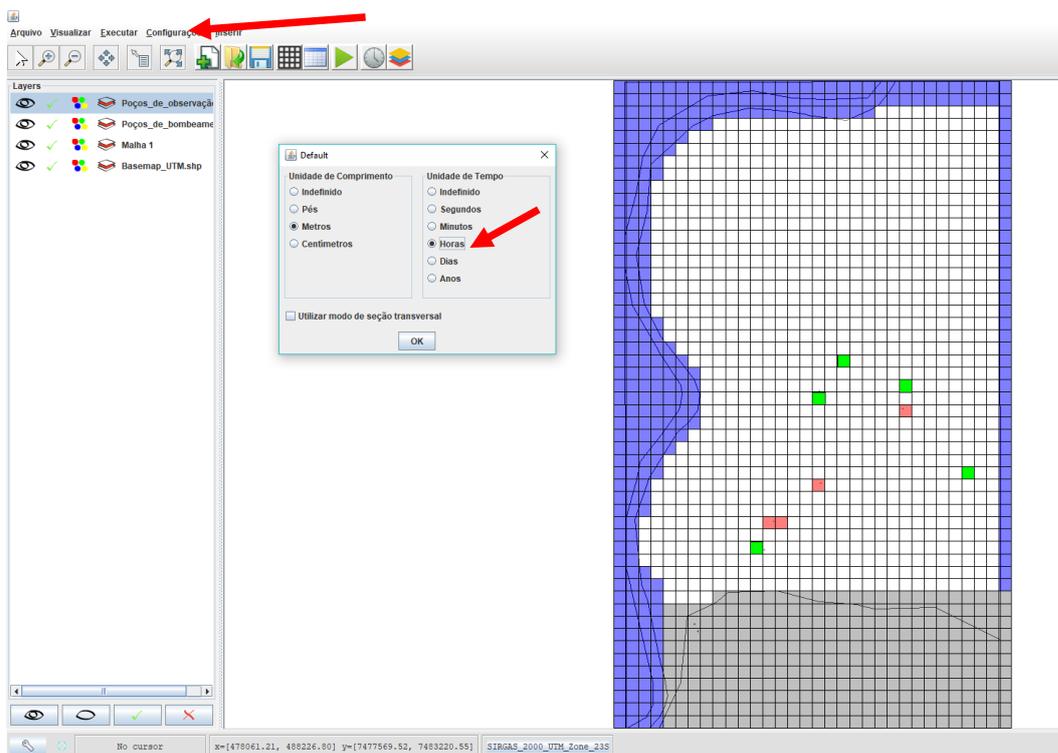


Fig. 10.41 - Mudança das unidades default

20º Passo – Deverão ser calibrados os valores de condutividade, de acordo com as cargas constantes nos poços de observação, que já estão inseridos na malha de cargas hidráulicas. Assim, ir no menu Executar e selecionar a opção “Calibração MIGH”.

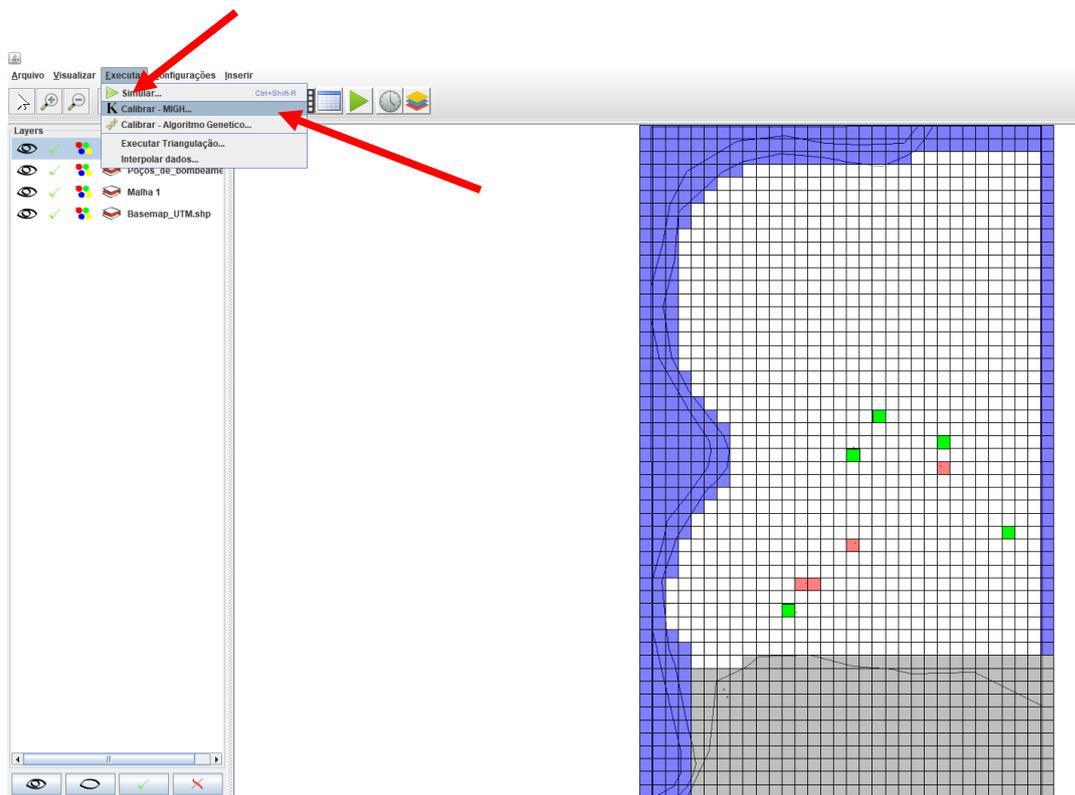


Fig. 10.42 - Selecionar Calibrar MIGH

21º Passo – Na nova janela aberta, modificar os valores mínimo para  $10^{-5}$  e máximo para  $10^{-1}$ . Depois, selecionar o ícone da pasta e escolher um diretório para salvar os arquivos de calibração, e então “Iniciar calibração”.

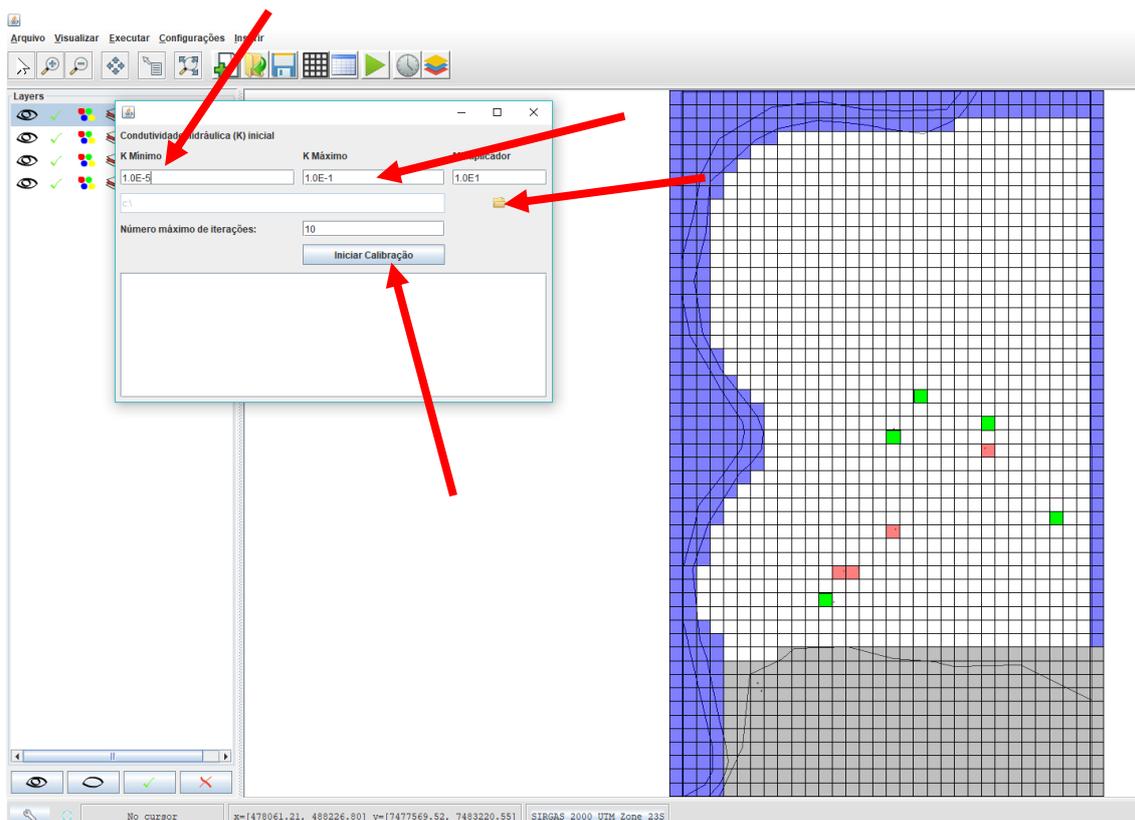


Fig. 10.42 - Iniciar Calibração

22º Passo – Esperar até o processamento da calibração (pode demorar até 30 minutos, dependendo da capacidade de processamento do dispositivo usado). E após a conclusão, verificar na tabela de atributos se os dados de condutividade horizontal foram modificados, nas células de carga variável (brancas).

Caso não tenha ocorrido nenhuma mudança na tabela, revisar todo o processo de preenchimento de dados da tabela e definições de contorno, para corrigir possíveis erros na execução da calibração.

23º Passo – Com os dados de condutividade já calibrados, selecionar o botão do relógio para configurações do tempo, conferir se os valores estão como na Figura 10.43 e clicar em “OK”.

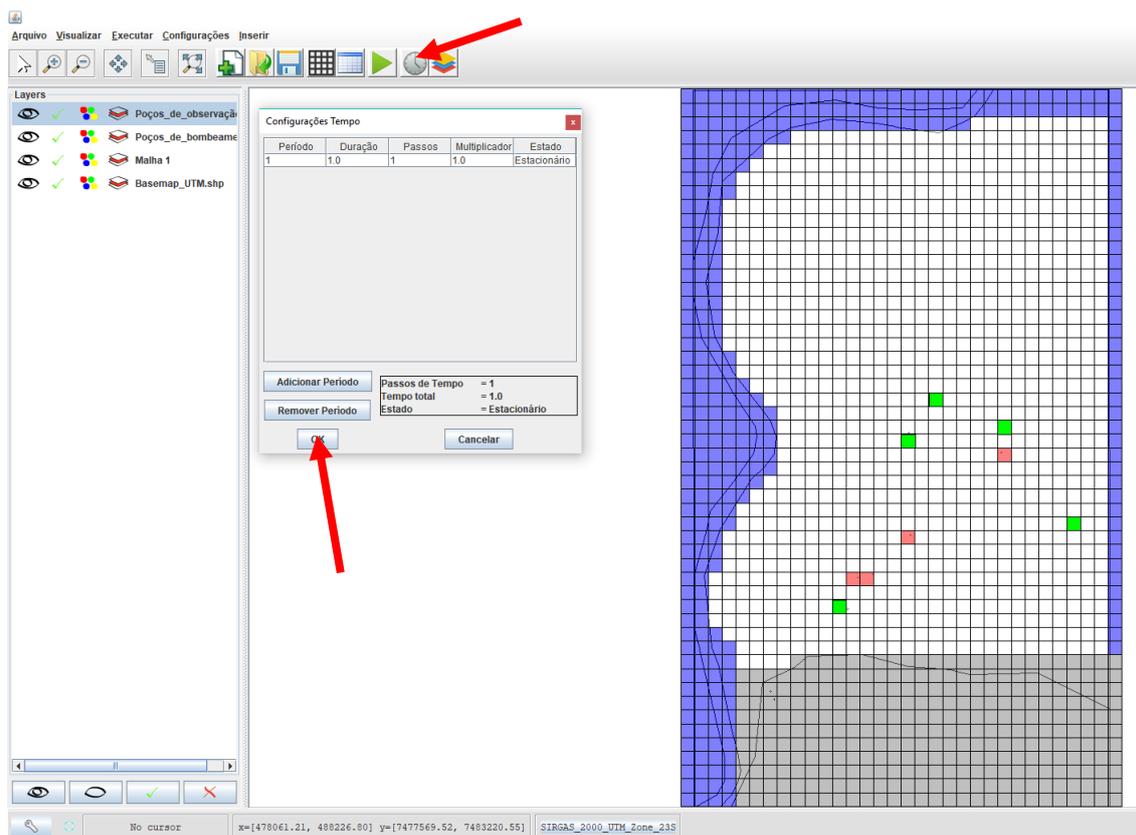


Fig 10.43 - Configurações de Tempo

24º Passo – Selecionar o botão das camadas e na nova janela, alterar condição de confinamento da camada para “não confinada” e clicar em “OK”.

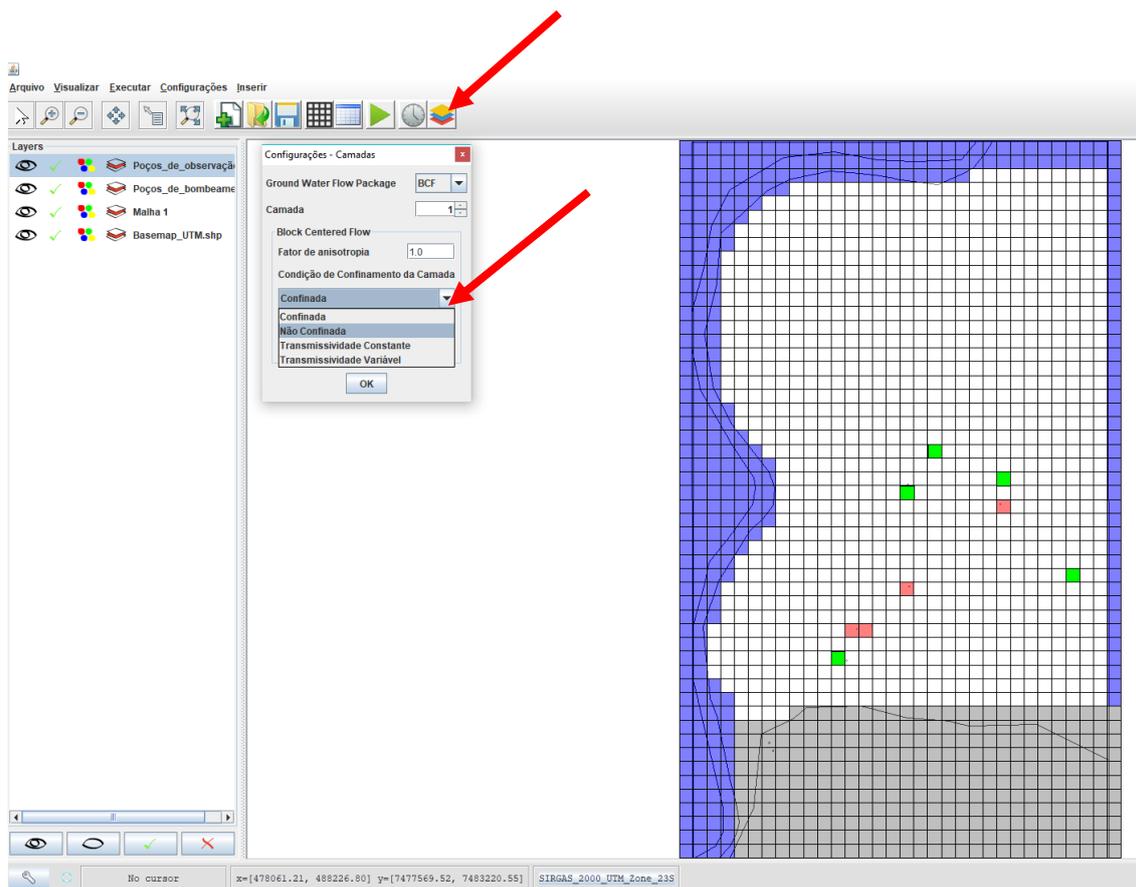


Fig. 10.44 - Configurações das camadas

25º Passo – Clicar no botão de simulação, representado pela seta verde e, em seguida, escolher um diretório e um nome para o arquivo de simulação. Escolher diretórios e nomes curtos e sem caracteres especiais para evitar erros de leitura do programa.

Caso a simulação seja bem sucedida, alguns segundos depois uma nova janela aparecerá com a mensagem de “Simulação Finalizada”.

Caso seja observada alguma mensagem de erro de simulação, revisar os passos anteriores e refazer a simulação.

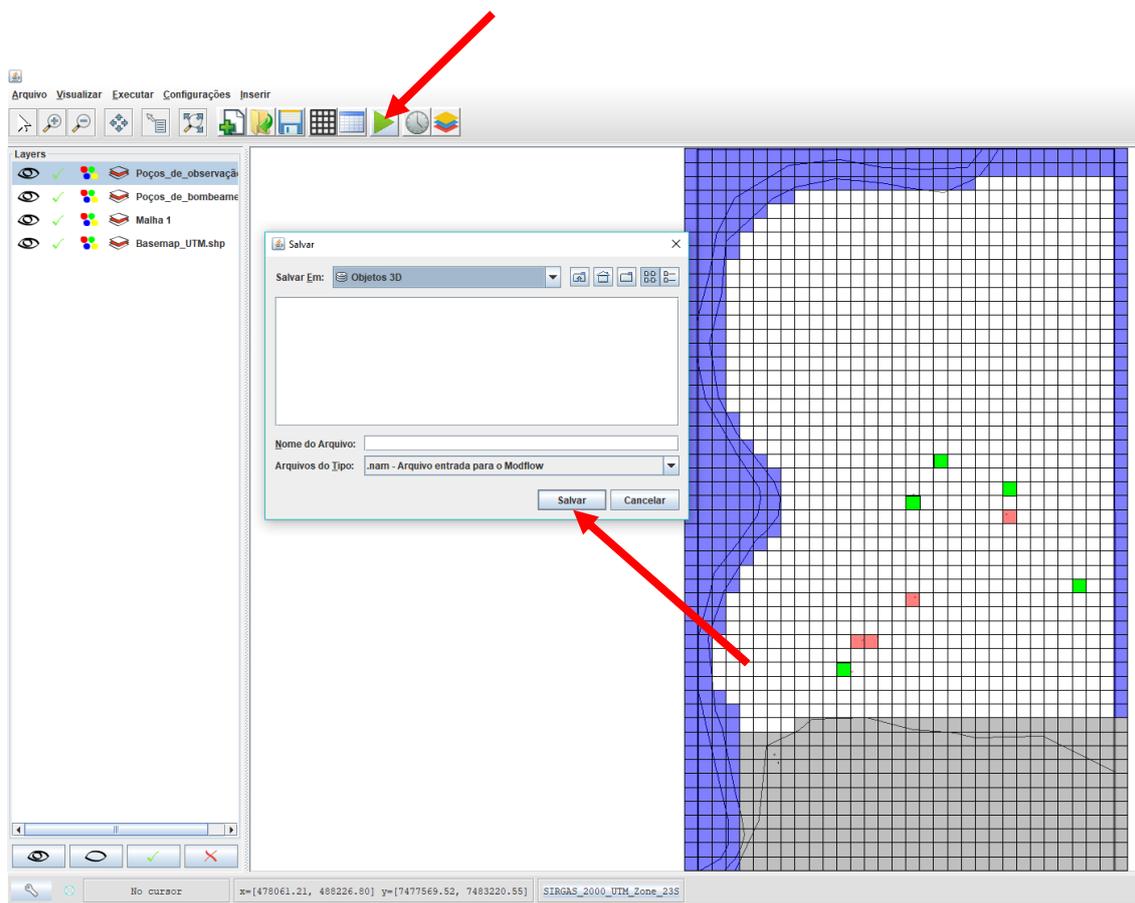


Fig. 10.45 - Simulação da malha

26º Passo – Abrir a tabela de atributos e observar na cama de “Cargas Hidráulicas” se foram alterados os valores iniciais, para garantir que a simulação foi realizada corretamente. Depois, entrar no menu Visualizar e escolher a opção “Isolinhas”.

27º Passo – Entrar no menu Visualizar e escolher a opção “Isolinhas”. Na nova janela aberta, configurar os parâmetros das isolinhas. Sugestão: preencher 570 para isolinha de valor máximo, 470 de valor mínimo e 60 em número de isolinhas. Em seguida clicar em criar isolinhas, e a configuração deverá ser como apresentado na figura 10.46 seguinte.

Assim é finalizado o procedimento do exemplo

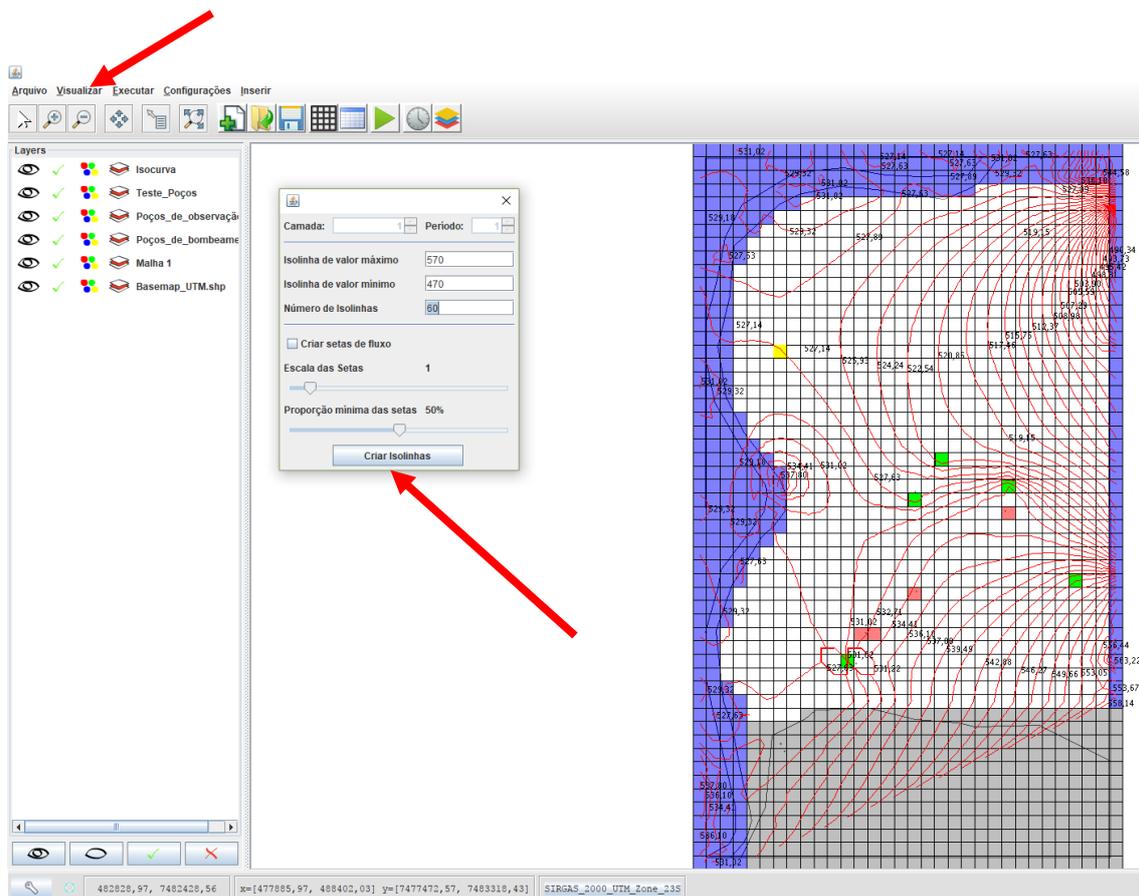


Fig.

## 10.46 - Criação das isolinhas

## 9 CALIBRAÇÃO IGUATU

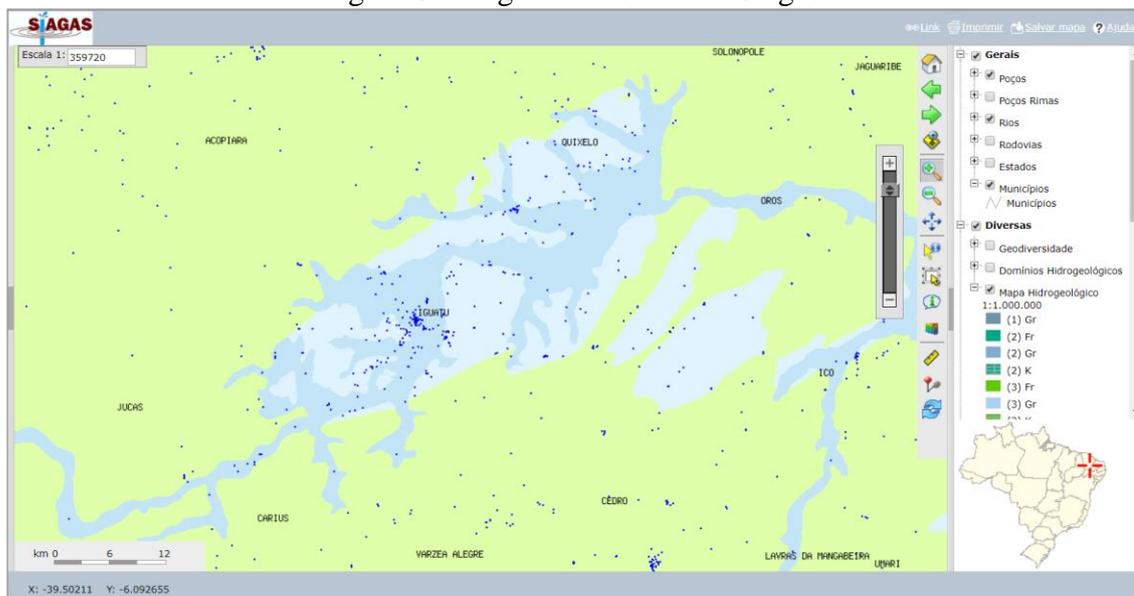
O presente trabalho refere-se à utilização dos softwares do Sistema UFC (UFC11 e UFCflow) para a aplicação de um modelo de percolação por diferenças finitas. Para isso, foi escolhida uma área localizada na região sul da Bacia Sedimentar do Iguatu. As condições de contorno da área de aplicação do modelo foram os rios Jaguaribe e Truçu.

Essa bacia está sobre um domínio de rochas sedimentares, constituída por três sistemas aquíferos: Icó, Malhada Vermelha e Lima Campos, situados entre os municípios de Iguatu e Icó. A área apresenta ausência de pesquisas hidrogeológicas aprofundadas, apesar de ser uma das poucas regiões propícias para o potencial aproveitamento de água subterrânea no estado do Ceará, por ser sedimentar.

Inicialmente, a área de estudo foi identificada pelo Siagas (Sistema de Informações sobre Águas Subterrâneas), disponibilizado online gratuitamente pela CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais), como mostra a figura 1.

Num tom de azul mais escuro se encontra um depósito aluvionar, no azul mais claro, rochas sedimentares de diferentes formações geológicas e em verde, embasamento cristalino aflorante.

Figura 6 – Região de Estudo no Siagas.

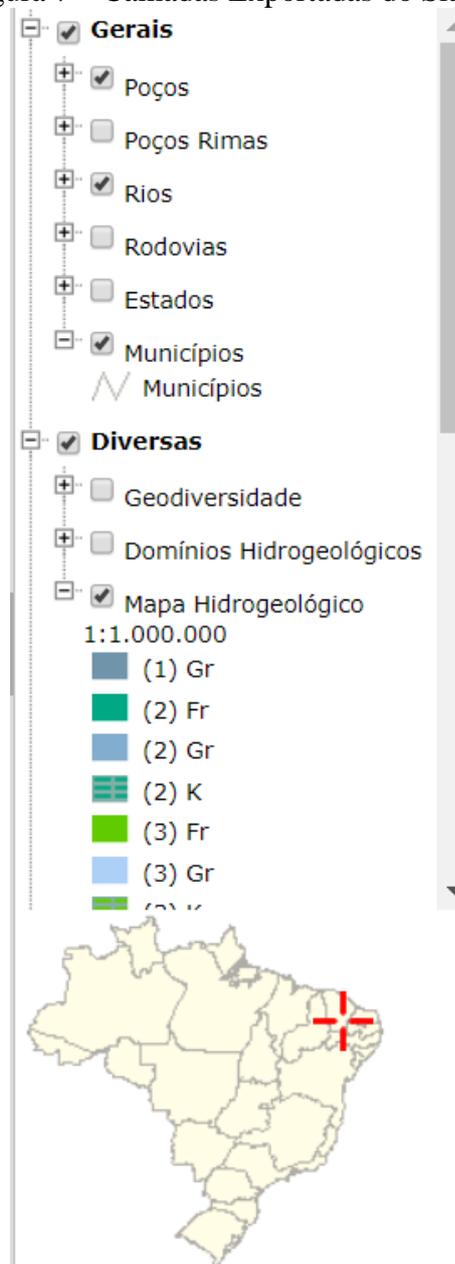


Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir do Siagas, é possível exportar os elementos visualizados pelo mapa no formato .shp, que pode ser editado pelo Arcgis. Foram exportadas as camadas “Poços”, “Rios”, “Municípios”

e “Mapa Hidrogeológico 1:1.000.000” selecionadas na barra lateral do sistema, como mostra a figura 2.

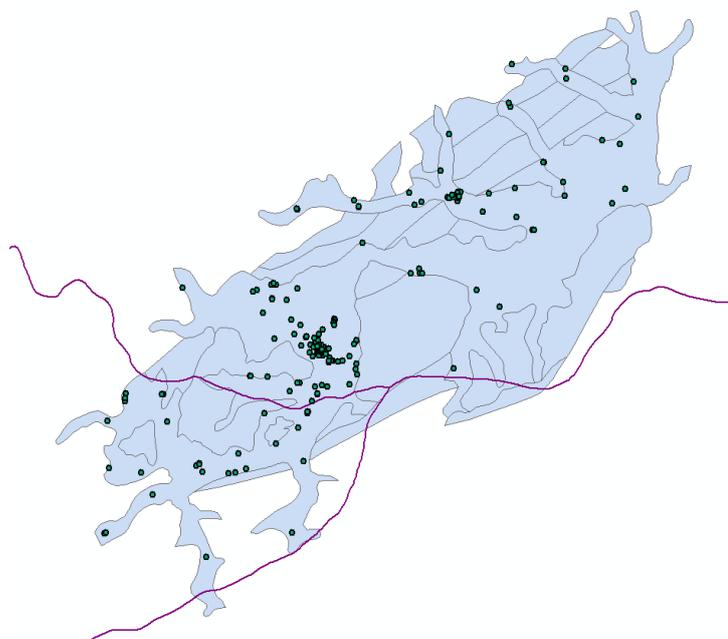
Figura 7 – Camadas Exportadas do Siagas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

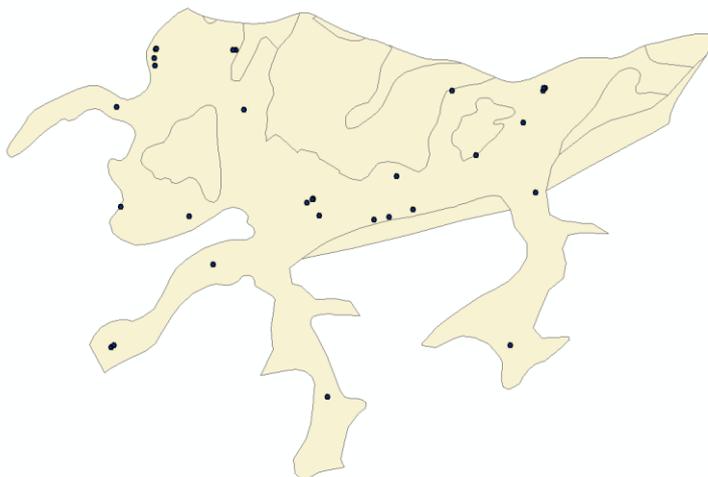
Com os arquivos .shp da área do aluvião e dos rios Jaguaribe e Truçú, delimitou-se a região de estudo no Arcgis, como ilustrado nas figuras 3 e 4. Todos os arquivos foram reprojutados no Arcgis para o sistema de coordenadas UTM WGS84 zona 24 sul.

Figura 8 – Área de solo sedimentar, poços registrados e os rios.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9 – Área de Estudo e localização dos poços.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As cotas do terreno foram calculadas por meio do UFC11, do Sistema UFC, que utiliza os dados do Topodata (Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil), disponibilizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). O UFC11 calcula a cota em vários pontos de uma grade retangular especificada pelo usuário. Optou-se por uma grade que abarcasse toda a área de estudo e com um espaçamento de 500 m entre os pontos. A malha no Arcgis está mostrada na figura 5. Em verde os pontos de cálculo de cota e em azul os poços

Figura 10 – Área de estudo com os pontos de cota calculada pelo UFC11, em verde os pontos de cálculo de cota e em azul os poços.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tanto a simulação quanto a calibração foram feitas por meio UFCFlow, outro módulo do Sistema UFC, o qual se comunica com o software Modflow. O UFC gera um arquivo de texto com posições X, Y e as cotas dos pontos, no formato que pode ser lido pelo UFCFlow, mostrado na figura 6.

Figura 11 – Arquivo de texto com as cotas no formato permitido pelo UFCFlow.

A captura de tela mostra uma janela de editor de texto com o título "TopografiaGeral.txt - Bloco ...". O conteúdo do arquivo é uma lista de coordenadas X, Y e cota, separadas por pontos e vírgulas. As linhas de texto são:

```

445806.6915,9276549.618,255.4759979
446320.63,9276549.618,265.9500122
446834.5685,9276549.618,281.6910095
447348.5069,9276549.618,274.6589966
447862.4454,9276549.618,267.3689888
448376.3839,9276549.618,270.8670044
448890.3224,9276549.618,295.7569885
449404.2609,9276549.618,332.1189888
449918.1994,9276549.618,357.7780151
450432.1379,9276549.618,321.2369995

```

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pelo registo do Siagas, existem 30 poços na região de estudo. No entanto, apenas 16 apresentavam algum dado de nível estático ou bombeamento, sendo os demais descartados.

Para o correto funcionamento da simulação e da calibração no UFCFlow, é preciso de poços de observação onde a profundidade do lençol freático, estimada pelo nível estático do poço, é conhecida e poços de bombeamento, onde a vazão extraída é conhecida.

Dos 16, os poços sem dados de vazão ou com vazão baixa (inferior a  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) foram considerados de observação e os demais de bombeamento, exceto aqueles que não possuíam dados de nível

estático. Assim, ficaram 10 poços de bombeamento e 6 de observação, e seus dados estão mostrados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 6 – Poços de bombeamento.

<i>Código do Poço</i>	<i>UF</i>	<i>Localidade</i>	<i>Natureza</i>	<i>UTM Leste (m)</i>	<i>UTM Norte (m)</i>	<i>Vazão Estabilização (M<sup>3</sup>/H)</i>
2300000269	CE	QUIXOA II	Poço tubular	461390.7378	9286884.383	9
2300000336	CE	QUIXOA	Poço tubular	459947.3053	9286514.814	9,9
2300000484	CE	BARRO ALTO	Poço tubular	457428.1051	9287157.896	8,8
2300000529	CE	QUIXOA	Poço tubular	460500.1227	9286607.4	10,5
2300000554	CE	PENHA	Poço tubular	466271.7433	9291462.773	9,2
2300007466	CE	BAIXIO DOS FREITAS	Poço tubular	451802.1649	9292926.363	4
2300007571	CE	BARRO ALTO	Poço tubular	457643.087	9287280.875	2
2300007795	CE	SEDE- AV. PERIMETRAL	Poço tubular	465967.0111	9287532.143	3
2300007803	CE	SEDE - GRANJA A. C. ALVES	Poço tubular	462862.1167	9291368.559	1
2300010982	CE	BAIXIO DOS FERREIRAS	Poço tubular	451741.0742	9292588.48	6

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 7 – Poços de observação.

<i>Código do Poço</i>	<i>UF</i>	<i>Localidade</i>	<i>Natureza</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>Nível Estático (m)</i>
2300000267	CE	CARDOSO I	Poço tubular	465504.6221	9290172.687	6.5
2300000436	CE	BRAVO	Poço tubular	465018.399	9281789.259	6.4
2300000449	CE	BAIXIO DOS FERREIRAS	Poço tubular	451771.9419	9292312.138	2
2300002768	CE	CARDOSO II	Poço tubular	463754.5463	9288943.32	6
2300007782	CE	QUIXOA DOS DIMOS	Poço tubular	460775.4969	9288142.858	6
2300019518	CE	SÍTIO CANGA	Poço tubular	458201.5129	9279850.017	3

*Fonte: Elaborado pelos autores.*

Foram criados mais 2 arquivos de texto com os dados de posição X e Y dos poços, no mesmo formato do arquivo contendo os dados das cotas, um para os poços de bombeamento e outro para os de observação, os primeiros com os dados de vazão na terceira coluna e o segundo com os de nível estático.

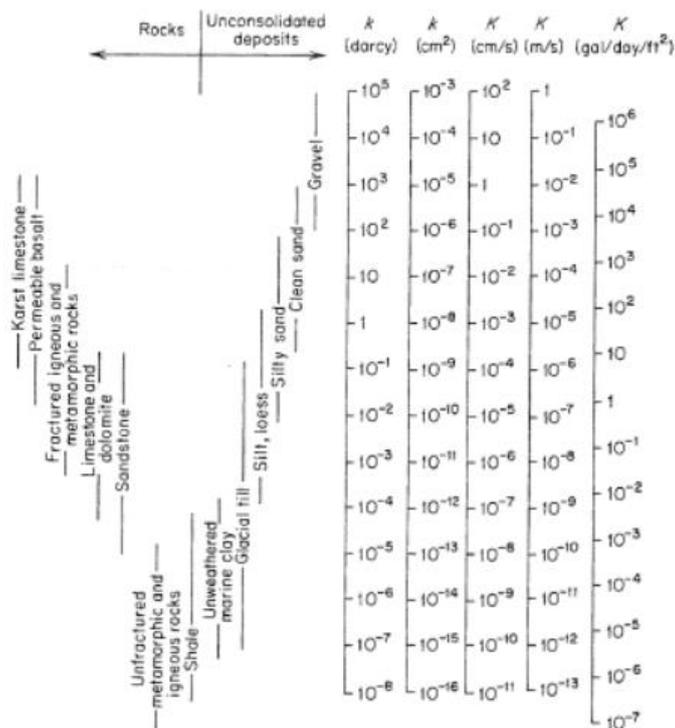
Pela falta de estudos hidrogeológicos específicos sobre a região analisada, tiveram que ser feitas estimativas sobre algumas características do aquífero.

A cota do fundo impermeável foi considerada a cota 0, o valor default do programa, levando a profundidades superiores a 200 m, um valor muito superior às máximas profundidades de rebaixamento nos poços. Para o modelo a ser gerado pelo UFCFlow e executado pelo Modflow, isso significa que foi feita a hipótese que o aquífero tem uma profundidade suficiente para nenhum poço de bombeamento entrar em estado seco.

Pelo mapa hidrogeológico do siagas, o solo na área do estudo é predominantemente um depósito aluvionar arenoso com silte e argila. Pelo ábaco ilustrado na figura 7, extraída de Freeze e Cherry (1979), a condutibilidade hidráulica para esse tipo de solo varia em torno de  $10^{-3}$  e  $10^{-7}$  m/s, e assim foi escolhido como estimativa inicial o valor de  $10^{-5}$  m/s.

Assim, todos os arquivos e dados obtidos foram inseridos no programa UFCFlow para que fosse feita a simulação com a estimativa inicial da condutibilidade hidráulica K no modelo de diferenças finitas, a calibração do K pelo método MIGH (Método Iterativo do Gradiente Hidráulico), e finalmente a nova simulação com os coeficientes calibrados.

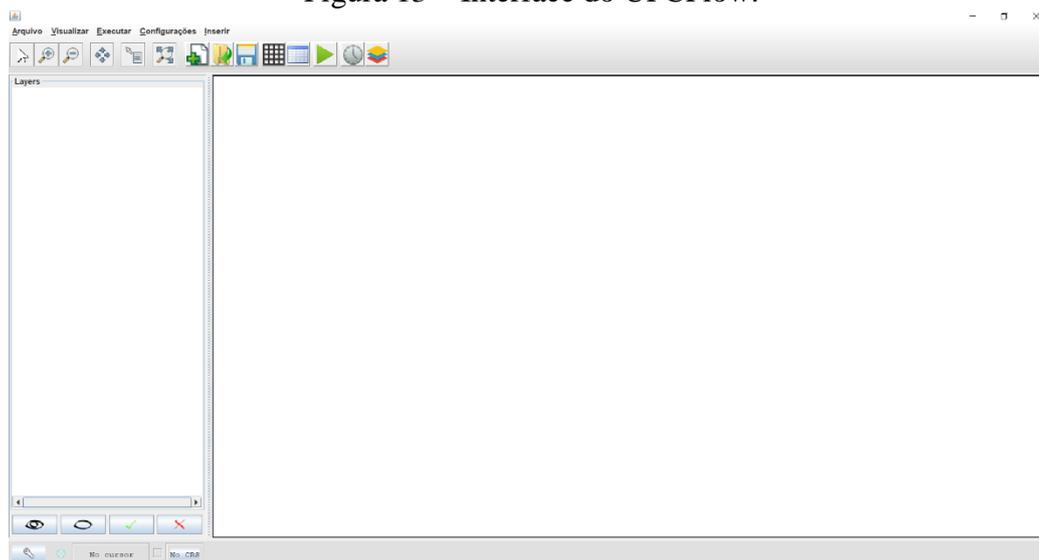
Figura 12 – Ábaco de condutibilidade hidráulica.



Fonte: FREEZE E CHERRY (1979).

Ao se inicializar o UFCFlow, aparece para o usuário a interface ilustrada na figura 8.

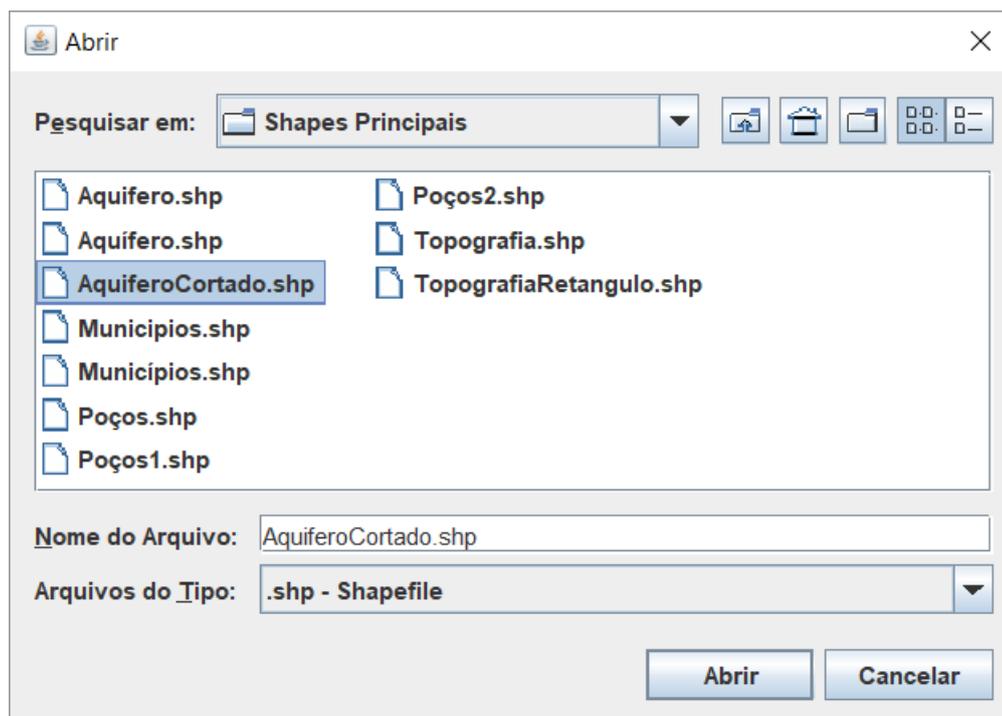
Figura 13 – Interface do UFCFlow.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar de não ser um sistema de informação geográfica, o UFCFlow permite a visualização de arquivos com extensão .shp. Assim, o polígono da área de estudo foi inserido indo em “Inserir > Inserir Shapefile”. Pela janela “Abrir”, selecionou-se o arquivo .shp.

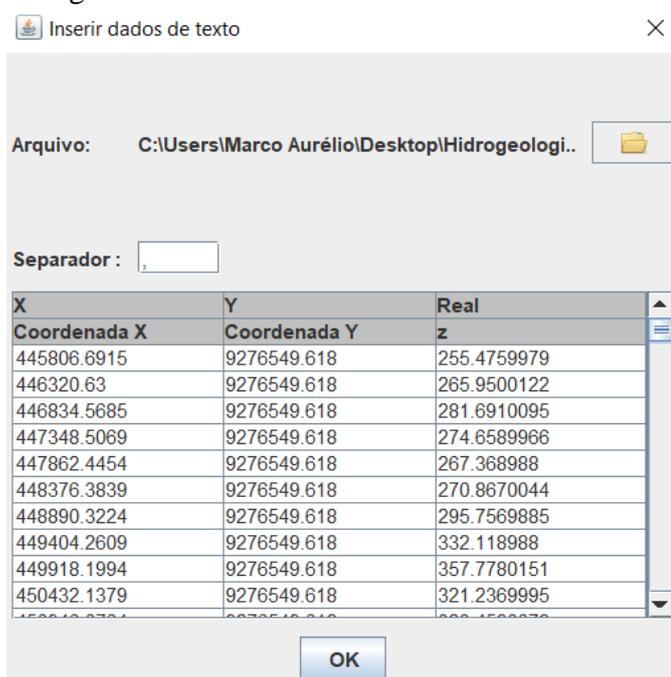
Figura 14 – Janela “Abrir”.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados de topografia obtidos pelo UFC11 e os dados com as posições e parâmetros dos poços, que foram armazenados nos arquivos de texto foram introduzidos por “Inserir > Inserir dados de texto por meio janela “Inserir dados de texto”, como mostram as figuras 10, 11 e 12. As vazões foram convertidas para a unidade de  $\text{m}^3/\text{s}$ , padrão do programa e foi preciso estabelecer as variáveis numéricas com um nome no cabeçalho e o tipo, “Real”.

Figura 15 – Inserindo dados de cota do terreno.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 16 – Inserindo dados dos poços de bombeamento.

The dialog box 'Inserir dados de texto' has a file path 'C:\Users\Marco Aurélio\Desktop\Hidrogeologi..' and a separator field containing a comma. Below is a table with 10 rows of data for pumping wells.

X	Y	Real
Coordenada X	Coordenada Y	q
461390.7378	9286884.383	0.0025
459947.3053	9286514.814	0.00275
457428.1051	9287157.896	0.002444444
460500.1227	9286607.4	0.002916667
466271.7433	9291462.773	0.002555556
451802.1649	9292926.363	0.001111111
457643.087	9287280.875	0.000555556
465967.0111	9287532.143	0.000833333
462862.1167	9291368.559	0.000277778
451741.0742	9292588.48	0.001666667

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 17 – Inserindo dados dos poços de observação.

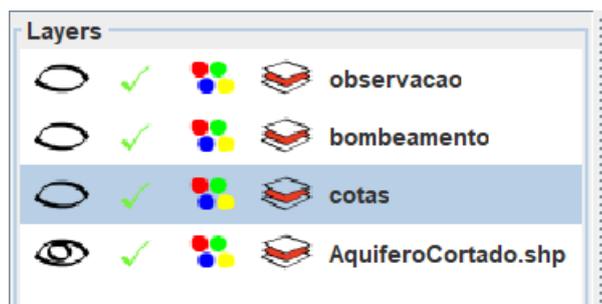
The dialog box 'Inserir dados de texto' has a file path 'C:\Users\Marco Aurélio\Desktop\Hidrogeologi..' and a separator field containing a comma. Below is a table with 10 rows of data for observation wells.

X	Y	Real
Coordenada X	Coordenada Y	h
465504.6221	9290172.687	6.5
465018.399	9281789.259	6.4
451771.9419	9292312.138	2
466241.1659	9291370.67	6.5
466333.2288	9291462.809	9
463754.5463	9288943.32	6
460775.4969	9288142.858	6
458201.5129	9279850.017	3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Todos os dados aparecem na forma de camadas que foram renomeadas para evitar erros e algumas vezes ocultadas para melhorar a visualização. Uma lista com todas as camadas, ilustrada na figura 13, se encontra do lado esquerdo do programa.

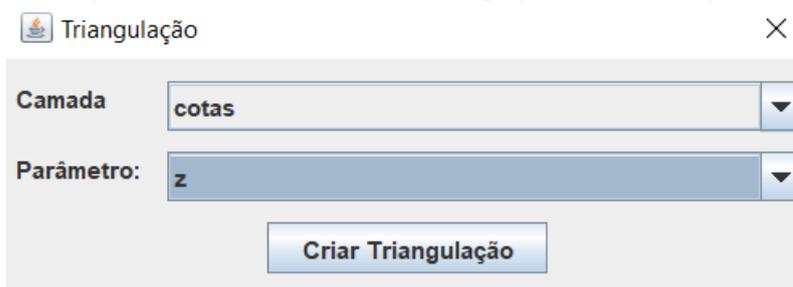
Figura 18 – Camadas inseridas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o cálculo da altura do terreno nas células da malha gerada, foi preciso inicialmente criar um modelo digital do terreno (MDT) do tipo TIN (Triangulated Irregular Network) a partir da camada “cotas”, indo em “Executar > Executar Triangulação”. Na janela “” (figura 14), seleciona-se a camada “cotas” e o parâmetro “z”, conforme a coluna das cotas foi nomeada anteriormente na inserção do arquivo de texto.

Figura 19 – Inserindo dados dos poços de observação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao se dar o clique em “Criar Triangulação”, o programa criou o MDT e o armazenou na camada “flow\_delaunay”.

Em seguida, criou-se a malha de diferenças finitas, dando um clique no botão “Criar Novo” e outro na tela de visualização do programa, abrindo assim a janela de criação malha (figura 15). Em “Camada > Camada para interpolação”, selecionou-se a camada “flow\_delaunay”, onde se encontra o MDT, para configurar as dimensões e o posicionamento corretamente, e optou-se por uma malha de 50 linhas por 50 colunas e apenas 1 camada de solo.

Figura 20 – Janela de criação de malhado UFCFlow.

**Configuração da Malha**

Número de linhas

Número de colunas

**Dimensões da Malha**

$X_{sup} = 445806,69$        $Altura_{malha} = 18068,76$

$Y_{sup} = 9294618,38$        $Largura_{malha} = 27238,74$

**Configuração das Camadas**

Camadas

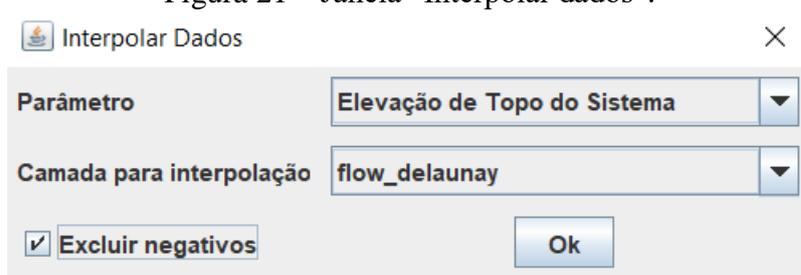
Espessura:

Elevação de Topo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Enfim, para o cálculo e inserção da cota do terreno em cada célula da malha, foi-se em “Executar > Interpolar dados”, e na janela “Interpolar dados” (figura 16), seleciona-se o parâmetro “Elevação de Topo do Sistema” e a camada “flow\_delaunay”.

Figura 21 – Janela “Interpolar dados”.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Verifica-se pelo botão “Alterar Vista para Tabela de Atributos” que as cotas do terreno foram calculadas corretamente

Figura 22 – Elevação de topo do sistema na janela de tributos.

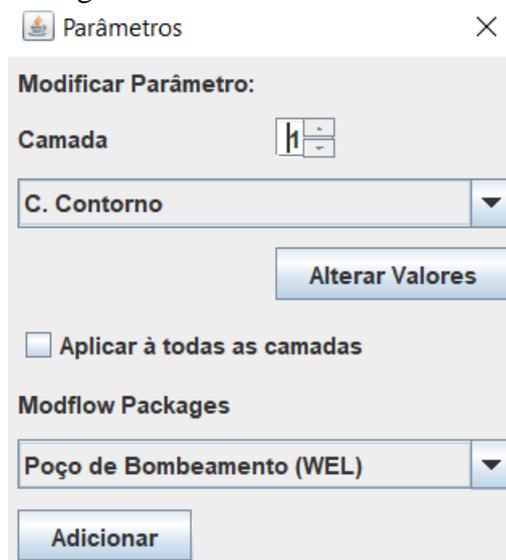
	1	2	3	4	5	6	7
1	298.084204...	293.012353...	285.893238...	270.162670...	275.160580...	272.420159...	262.270870...
2	292.891739...	279.723320...	270.108739...	269.492233...	268.646282...	272.472441...	255.427406...
3	292.688146...	296.302786...	279.986466...	268.424939...	271.754123...	278.128316...	266.753174...
4	296.510603...	300.584942...	282.781905...	265.494922...	268.064139...	279.833116...	274.391621...
5	306.196315...	298.979959...	285.173217...	264.366710...	257.895452...	270.378803...	271.573865...
6	294.411001...	285.692851...	279.374758...	261.869180...	252.933451...	250.947787...	262.950349...
7	269.839914...	271.302669...	266.003713...	255.277881...	253.655726...	249.104475...	253.576120...
8	262.911104...	257.447316...	263.095579...	260.442379...	257.856366...	250.065655...	249.572934...
9	269.120225...	263.215973...	275.393293...	271.659793...	269.450098...	254.638271...	245.935990...
10	286.796882...	286.553888...	270.086856...	270.248218...	264.274988...	254.211741...	253.966071...
11	288.709710...	282.432679...	269.108110...	268.817146...	261.702756...	259.022414...	261.110473...
12	284.772543...	266.865963...	264.013440...	266.240682...	262.996590...	278.724989...	275.356862...
13	278.519985...	270.925513...	272.714921...	273.403211...	271.818659...	293.999230...	293.244754...
14	274.290281...	272.587664...	287.246129...	282.708646...	280.076910...	299.663657...	301.980916...
15	280.694139...	281.882538...	296.362749...	285.886434...	286.200946...	295.298060...	290.809759...
16	287.425074...	285.883338...	286.920468...	283.856102...	295.509986...	292.784994...	276.091969...
17	306.678841...	289.365298...	294.750671...	302.441543...	293.218729...	287.125154...	273.051413...
18	310.891641...	296.138129...	300.511652...	310.148857...	297.132814...	278.605897...	272.333884...
19	305.304959...	296.084661...	294.838471...	303.179470...	301.500391...	282.459513...	279.780783...
20	291.144592...	288.189894...	298.761181...	296.330676...	302.825715...	285.698292...	274.448139...
21	288.756615...	278.780879...	289.516791...	279.365090...	287.242377...	277.678007...	271.931443...
22	292.170379...	275.043056...	268.488314...	268.295776...	256.769144...	248.125114...	263.727549...
23	276.030434...	269.330795...	258.927231...	255.738744...	254.246006...	259.072565...	261.581888...
24	268.905024...	269.749479...	256.331801...	260.118469...	250.369398...	268.035101...	272.076687...
25	279.305648...	277.796167...	271.136782...	272.251124...	266.460568...	280.078691...	288.591090...

Fonte: Elaborado pelos autores.

No UFCFlow, as células podem ser configuradas como de carga variável, para uma parte do volume de solo modelado, sem fluxo, para barreiras impermeáveis e de carga constante, para corpos d’água com rios e lagos, por meio da variável “Condição de Contorno” que recebe o valor 1, 0 e -1 para cada caso, respectivamente e as células nas cores branca, cinza e azul, conforme essa configuração.

Essa configuração foi ajustada pelo botão “Alterar vista para condição de contorno”, na janela “Parâmetros”, selecionando as células de interesse e clicando em “Alterar Valores”.

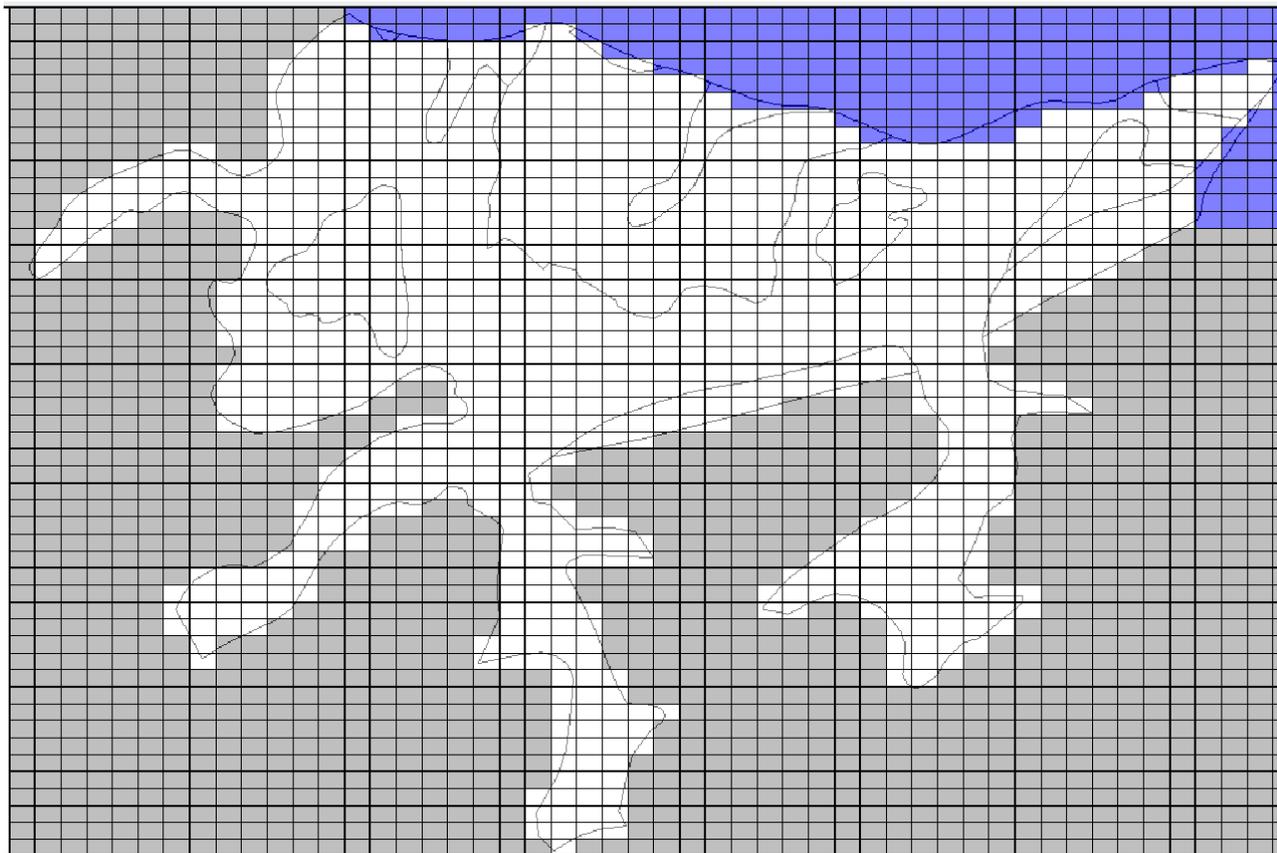
Figura 23 – Janela “Parâmetros”.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, com base no arquivo .shp inserido, configurou-se toda a região de cristalino aflorante fora do depósito aluvionar como de células sem fluxo e aquelas localizadas nos rios Jaguaribe e Truçú como de carga constante, sendo as demais de carga variável, resultando na malha mostrada na figura 19.

Figura 24 – Malha com as condições de contorno configuradas.



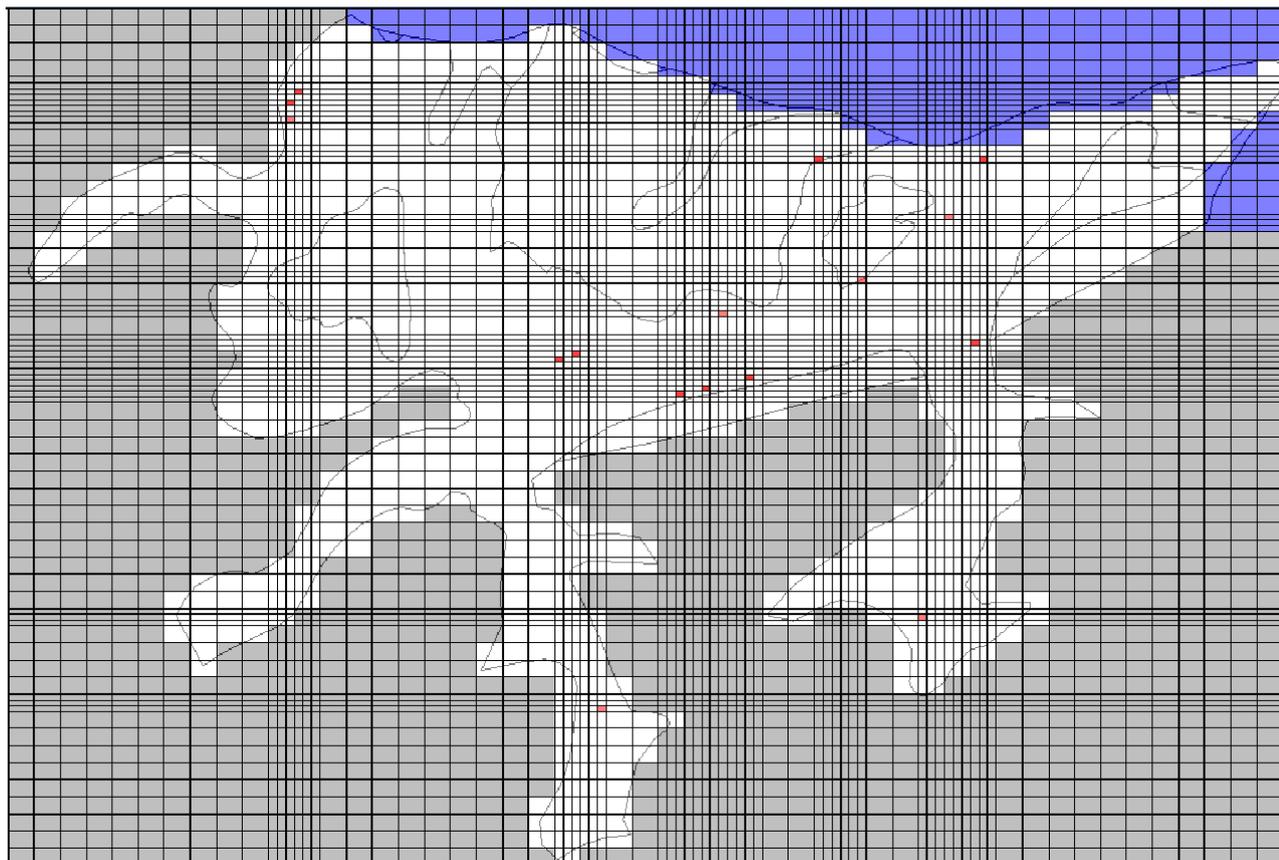
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda pela janela “Parâmetros”, foi estabelecida a condutividade hidráulica horizontal de  $10^{-5}$  m/s, estimativa inicial para a primeira simulação. A carga hidráulica nos rios foi considerada igual ao nível do terreno obtido pelo Topodata, e configurada pelo botão “Alterar vista para tabela de atributos”.

Para inserir os poços na malha criada, foi-se em “Inserir > Inserir Poços”. Na janela “Criar Poços” (figura 22), foi selecionada a camada “bombeamento” com o parâmetro “q”, para os poços de bombeamento, e a camada “observação” com o parâmetro “h”, para os poços de observação.

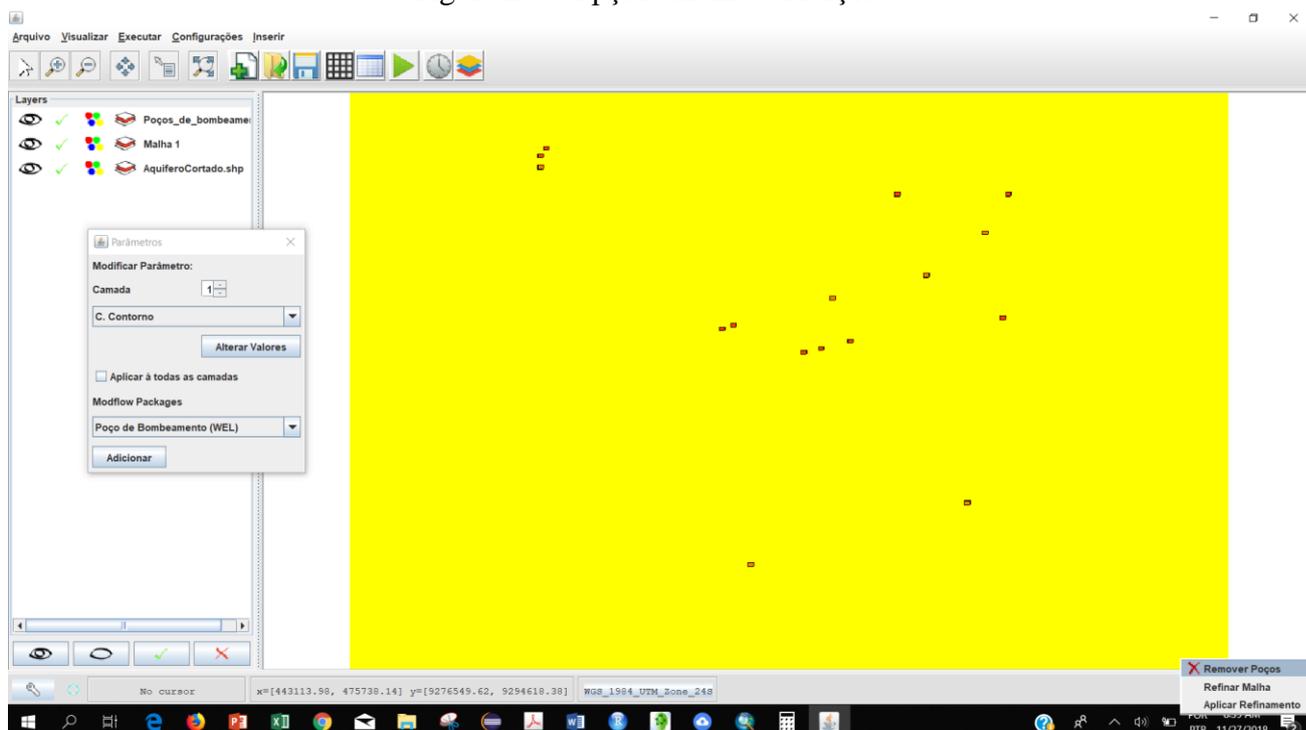
Para executar o refinamento da malha ao redor dos poços adequadamente, foi preciso, inicialmente, inserir todos os poços simultaneamente, de bombeamento e de observação, por meio de um mesmo arquivo de texto como poços de bombeamento fictícios, depois removê-los selecionando toda a malha com o botão direito do mouse com a janela “Parâmetros” ativada, como mostra a figura 21, e reinseri-los sem a opção de refinamento da janela “Criar Poços”.

Figura 25 – Poços Fictícios para Refinamento



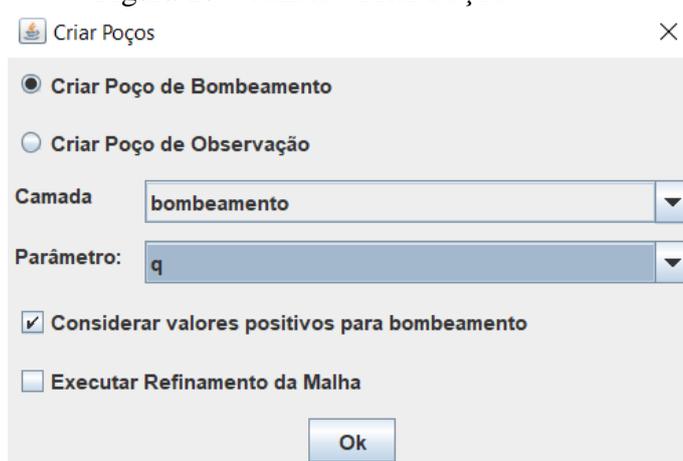
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 26 – Opção “Remover Poços”



Fonte: Elaborado pelos autores.

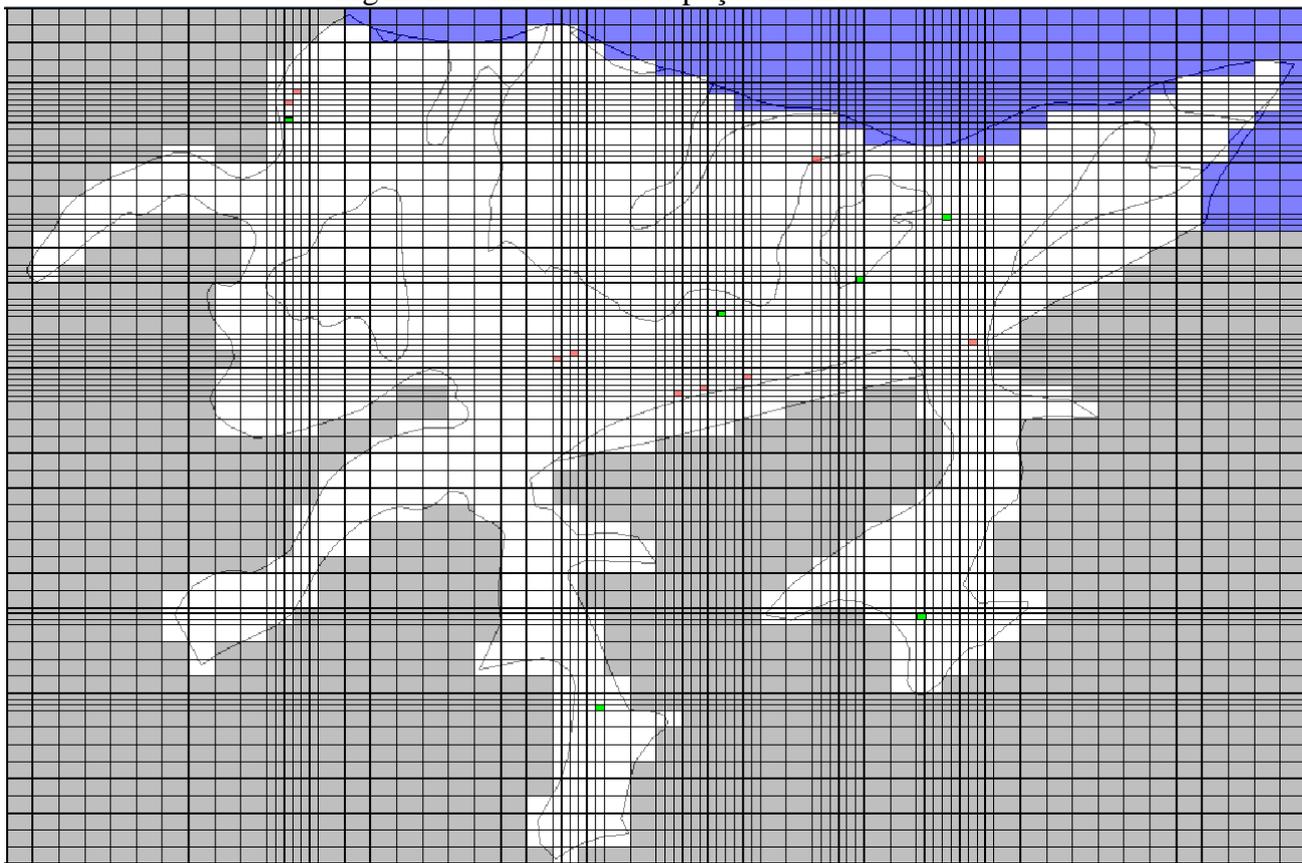
Figura 27 – Janela “Criar Poços”



Fonte: Elaborado pelos autores.

As células com bombeamento aparecem com a cor vermelha e aquelas com poços de observação, na cor verde, conforme mostra a figura 22.

Figura 28 – Malha com os poços inseridos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, deu-se um clique nos botões “Configurar as condições de fluxo nas camadas” e “Configurar as opções de tempo da simulação”, para abrir as janelas “Configurações - Camadas” (figura 24) e “Configurações Tempo” (figura 25), respectivamente, onde se clicou apenas em “OK”, pois as condições default do programa já eram as corretas, ou seja, as simulações são do tipo estacionária e a camada única de solo foi considerada confinada.

Figura 29 – Janela “Configurações - Camadas”

Configurações - Camadas

Ground Water Flow Package **BCF**

Camada **1**

**Block Centered Flow**

Fator de anisotropia **1.0**

Condição de Confinamento da Camada

**Confinada**

Método de Cálculo da Condutância

**Média Harmônica**

**OK**

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 30 – Janela “Configurações Tempo”

Configurações Tempo

Período	Duração	Passos	Multiplicador	Estado
1	1.0	1	1.0	Estacionário

**Adicionar Período**

**Remover Período**

**OK**

**Cancelar**

Passos de Tempo = 1  
 Tempo total = 1.0  
 Estado = Estacionário

Fonte: Elaborado pelos autores.

Enfim, o modelo já completamente configurado no programa foi simulado pelo botão “Executar simulação no Modflow 2005” e calibrado em “Executar > Calibrar MIGH”, fornecendo os valores indicados na figura 26.

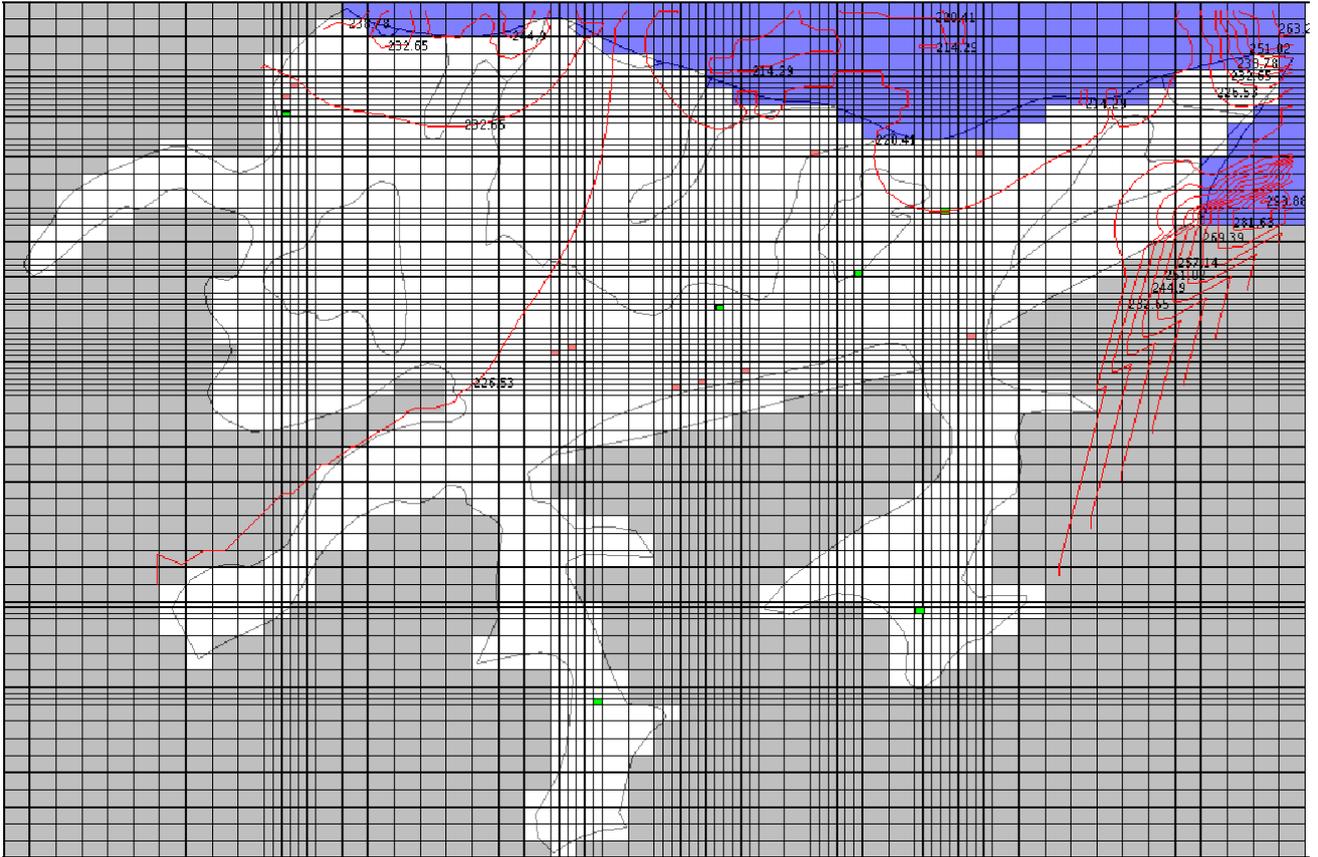
Figura 31 – Janela de configuração da calibração

Condutividade hidráulica (K) inicial		
K Mínimo	K Máximo	Multiplicador
1.0E-7	1.0E-3	1.0E1
c:\		
Número máximo de iterações:	10	
<b>Iniciar Calibração</b>		

Fonte: Elaborado pelos autores.

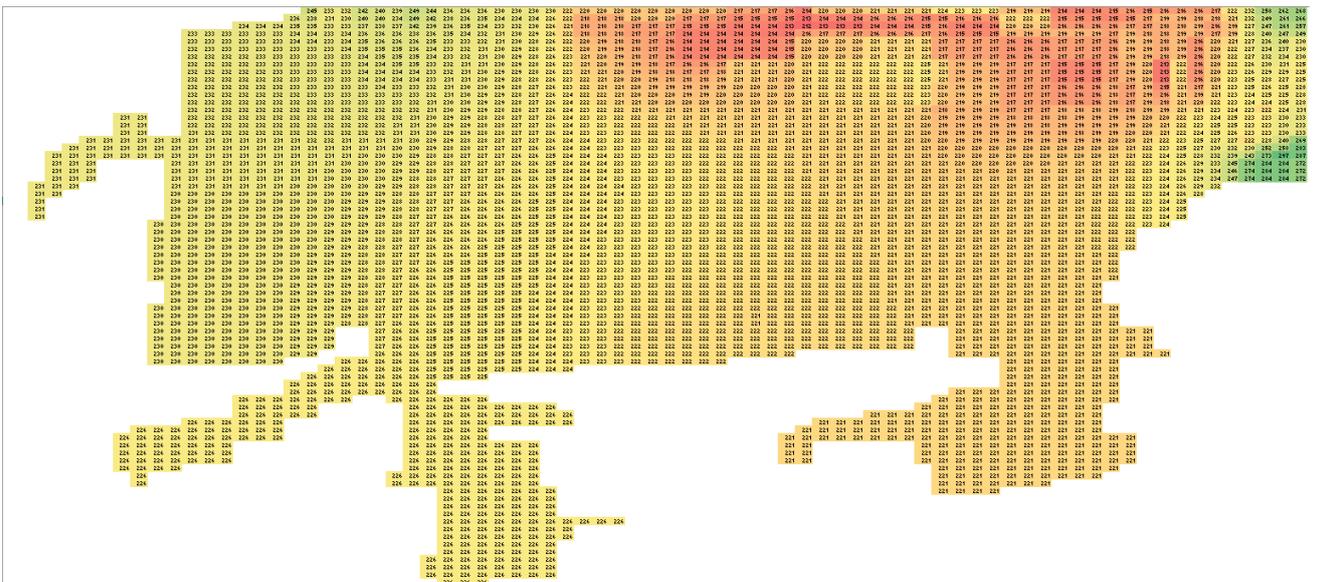
As isolinhas de carga plotadas em “Vizualizar > Isolinhas” estão mostradas na figura 27. Os resultados de valores de carga hidráulica resultantes da simulação inicial (com  $K=10^{-5}$  m/s) e final (com o K calibrado) estão mostrados nas figuras 27 e 28, sua diferença na figura 29 e o nível do terreno, para comparação, na 30. Os resultados de condutividades hidráulicas da calibração estão mostrados na figura 31.

Figura 32 – Valores resultantes da simulação inicial – H (m).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 33 – Valores resultantes da simulação inicial – H (m).



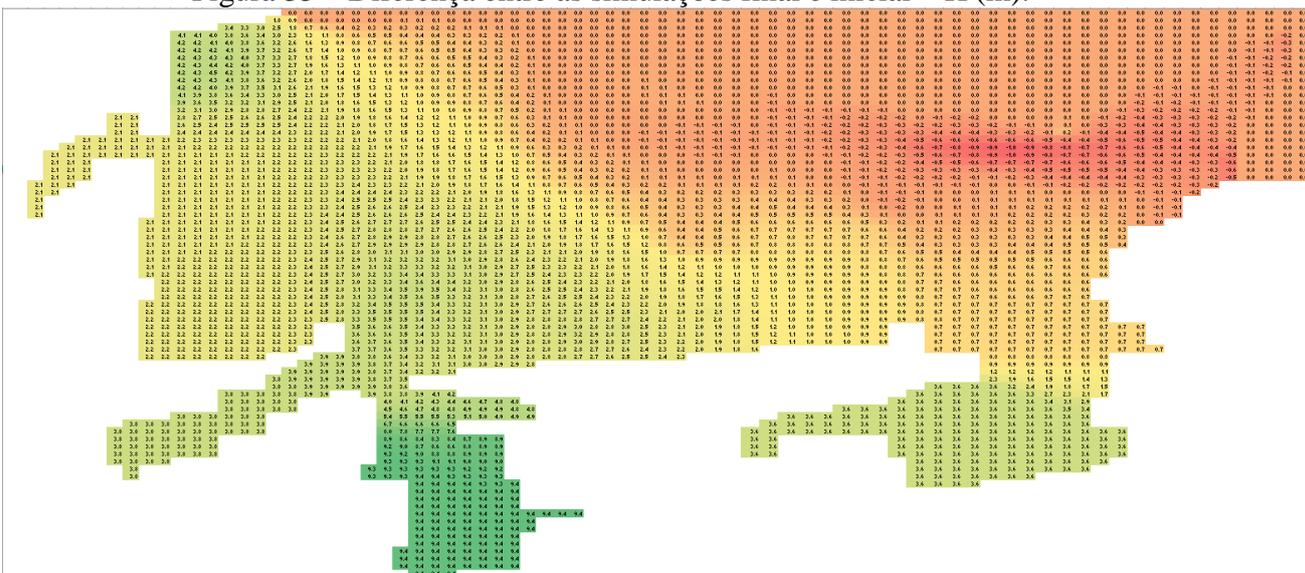
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 34 – Valores resultantes da simulação final – H (m).

The image displays a large grid of numbers, likely a calendar or data table. The grid is mostly composed of the number 230, with some variations in the top and bottom sections. The top section contains numbers from 230 to 244, and the bottom section contains numbers from 230 to 239. The grid is organized into rows and columns, with some numbers highlighted in yellow. The overall layout is a dense array of numbers, with some rows and columns containing different values, possibly representing dates or specific data points.

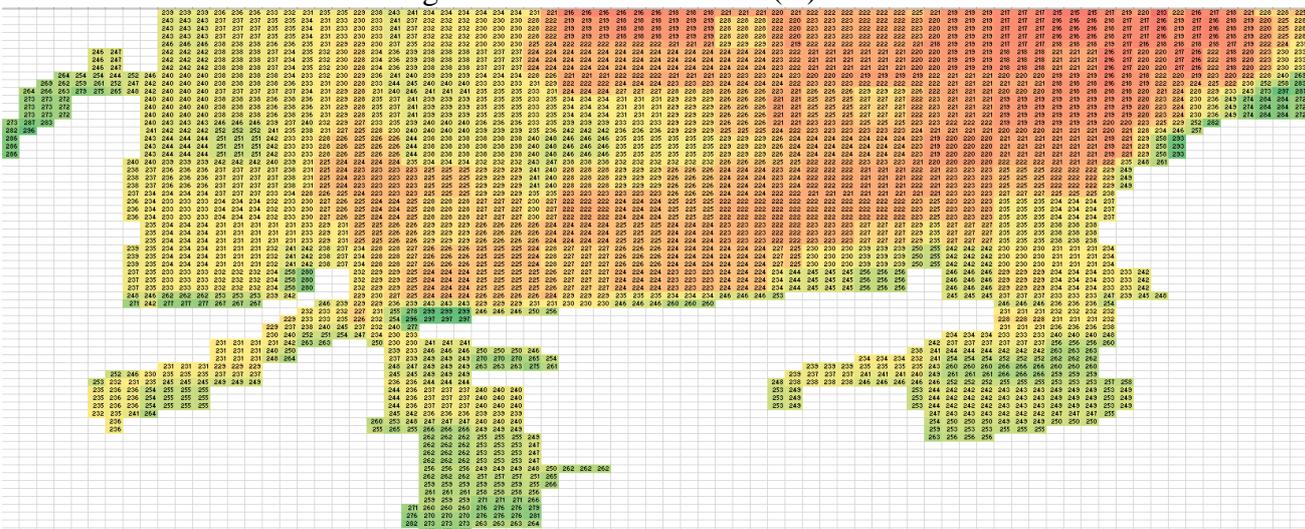
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 35 – Diferença entre as simulações final e inicial – H (m).



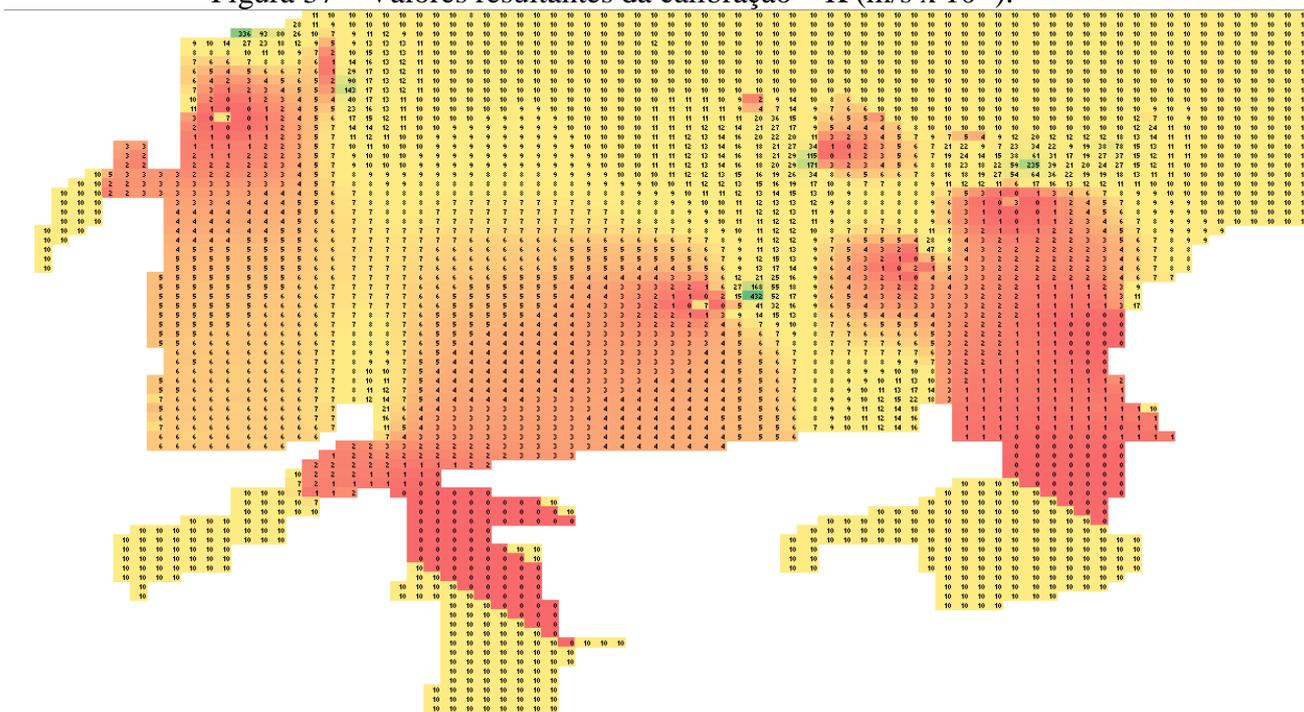
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 36 – Cota do Terreno (m).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 37 – Valores resultantes da calibração – K (m/s x 10<sup>-4</sup>).



Fonte: Elaborado pelos autores.

A tabela 3 mostra os níveis estáticos nos poços de observação, medidos e resultantes da simulação final.

Tabela 8 – Poços de bombeamento.

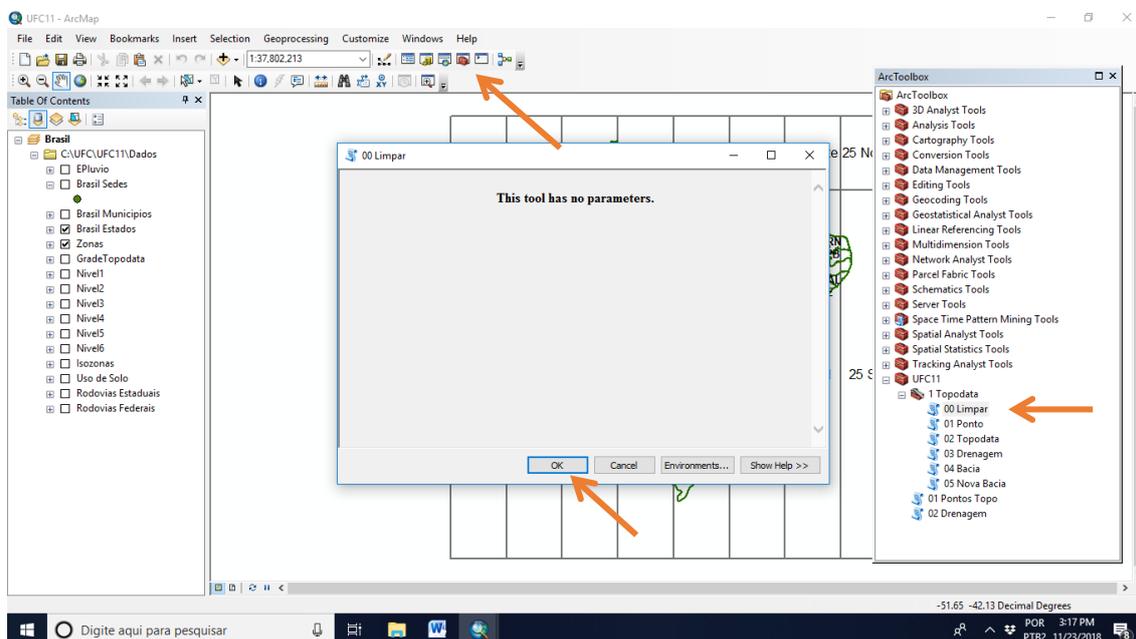
Código do Poço	UF	Localidade	Natureza	X (UTM m)	Y (UTM m)	Nível Estático Observado (m)	Nível Estático Calculado (m)
230000267	CE	CARDOSO I	Poço tubular	465504.6221	9290172.687	6,5	0,8
230000436	CE	BRAVO	Poço tubular	465018.399	9281789.259	6,4	17,2
230000449	CE	BAIXIO DOS FERREIRAS	Poço tubular	451771.9419	9292312.138	2	7,4
230002768	CE	CARDOSO II	Poço tubular	463754.5463	9288943.32	6	2,4
230007782	CE	QUIXOA DOS DIMOS	Poço tubular	460775.4969	9288142.858	6	2,6
230019518	CE	SÍTIO CANGA	Poço tubular	458201.5129	9279850.017	3	18,2

A carga nos poços de observação aparentemente não convergiu para o valor observado de nível estático, o que indica que houve algum problema durante a execução da calibração.

## 10 CALIBRAÇÃO BARBALHA

1º Passo – Abrir o software “C:/UFC/UFC 11/ UFC11”;

2º Passo – Abrir o ArcToolBox e selecionar o comando “Limpar”, em seguida pressionar “Ok” e aguardar alguns segundos;

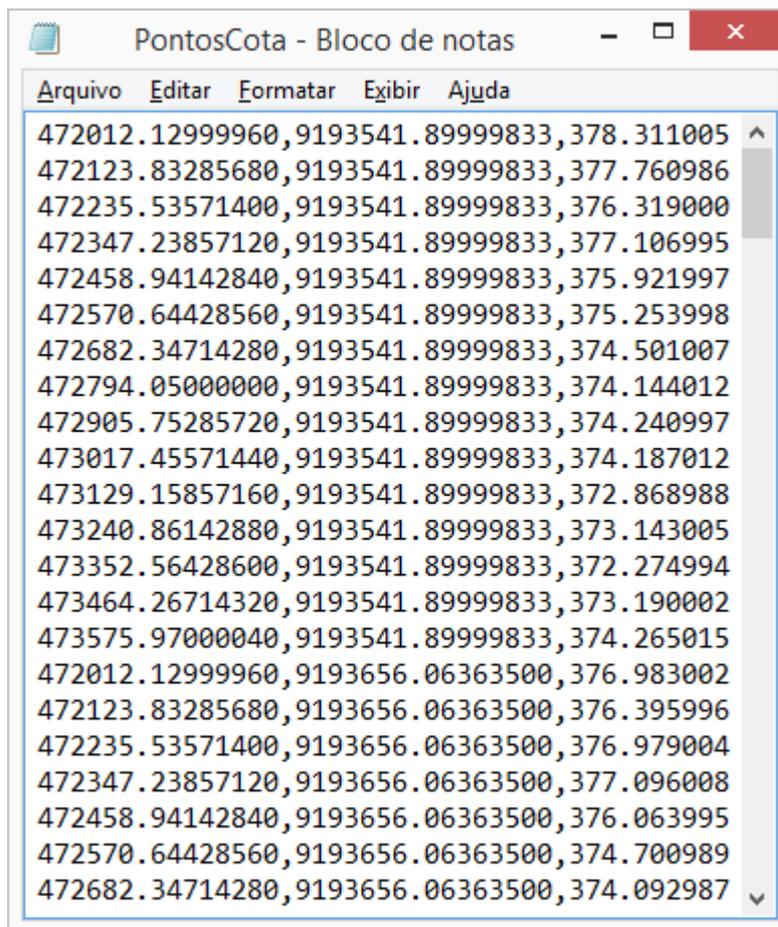


3º Passo – Após o comando limpar, selecionar o comando “Pontos Topo” e preencher com os dados do exemplo:

Field Name	Value
Zona (optional)	
Leste X1	47206.1
Norte Y1	9194749.4
Leste X2	473527.1
Norte Y2	9193590.2
Delta X (m)	100
Delta Y (m)	100
Intervalo entre as Curvas de Nivel	10

Buttons: OK, Cancel, Environments..., << Hide Help, Tool Help

4º Passo – Verificar se foi gerado o arquivo “PontosCota.txt” na pasta “C:/UFC/UFC11/Saída”;



5° Passo – Adquirir na base de dados da CPRM informações dos poços de vazão e de observação para a área estudada. Para os poços de vazão são necessários os dados das coordenadas X, Y e vazão. Para os poços de observação são necessários os dados das coordenadas X, Y e Nível Estático;

6° Passo – Criar um arquivo “TodosOsPoços.txt” com as coordenadas X, Y de todos os poços;

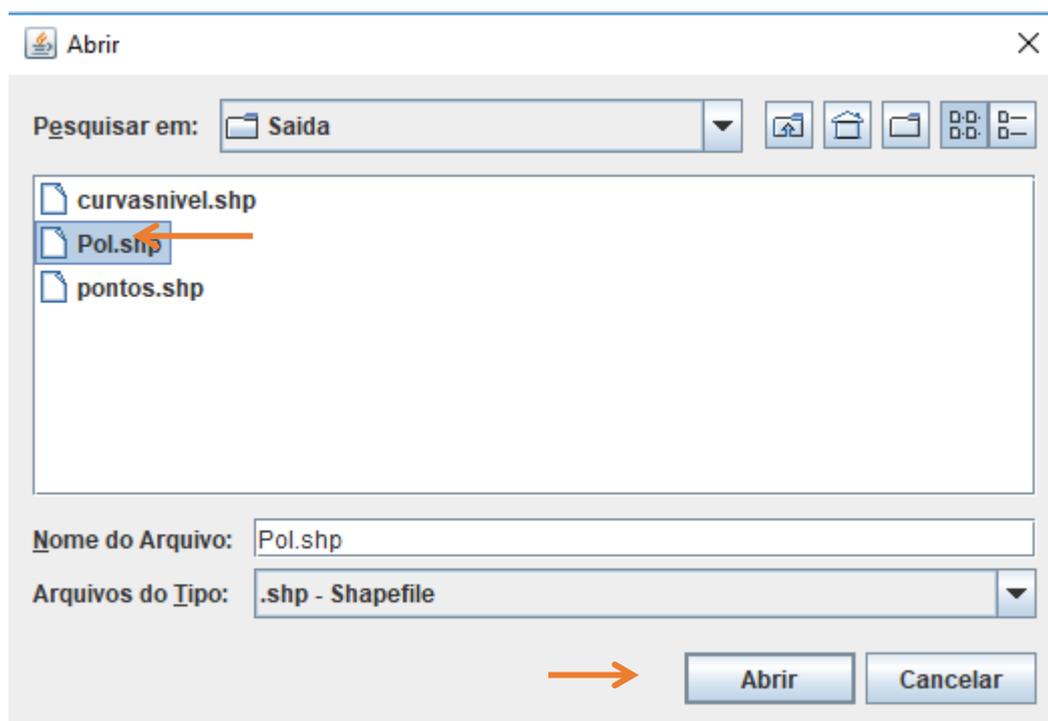
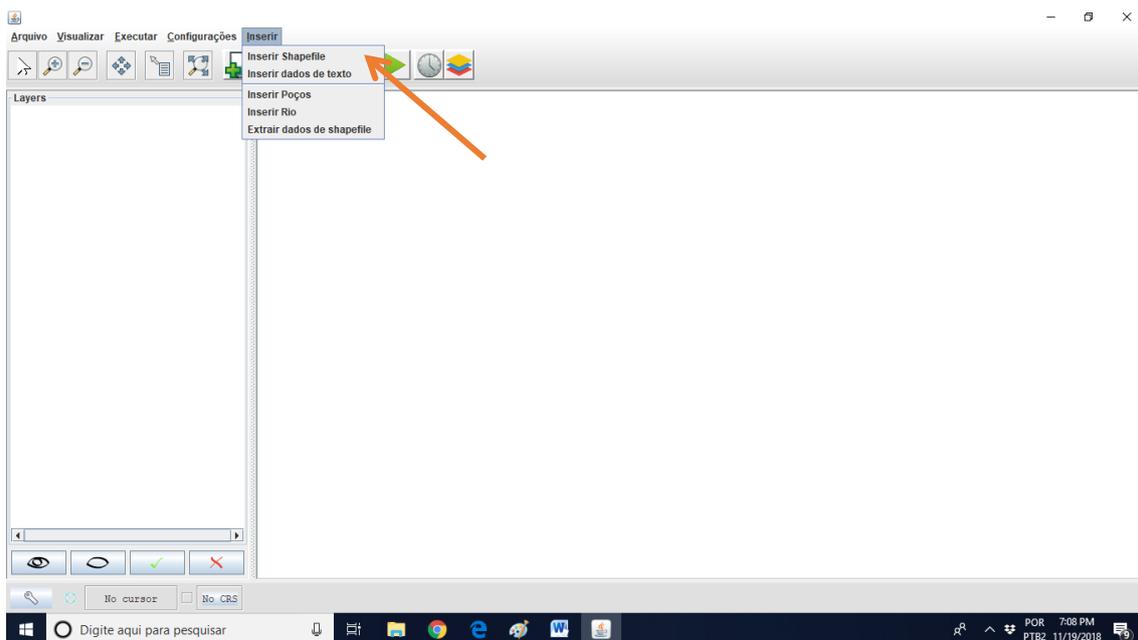
7° Passo – Criar um arquivo “PoçosBombeamento.txt” com as coordenadas X, Y e vazão de todos os poços de bombeamento;

8° Passo – Criar um arquivo “PoçosObservação.txt” com as coordenadas X,Y e Nível Estático de todos os poços de bombeamento;

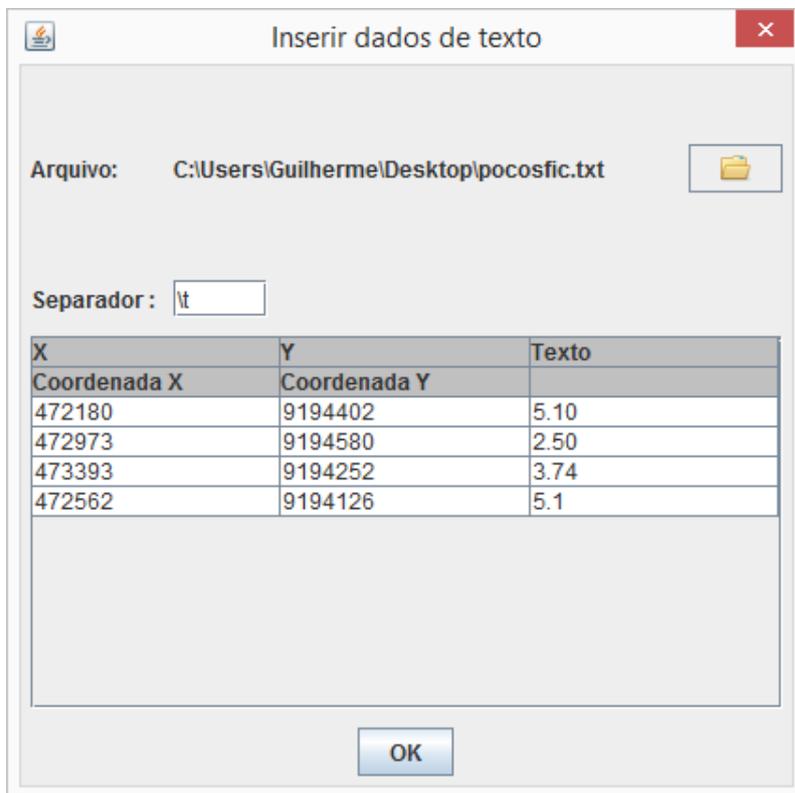
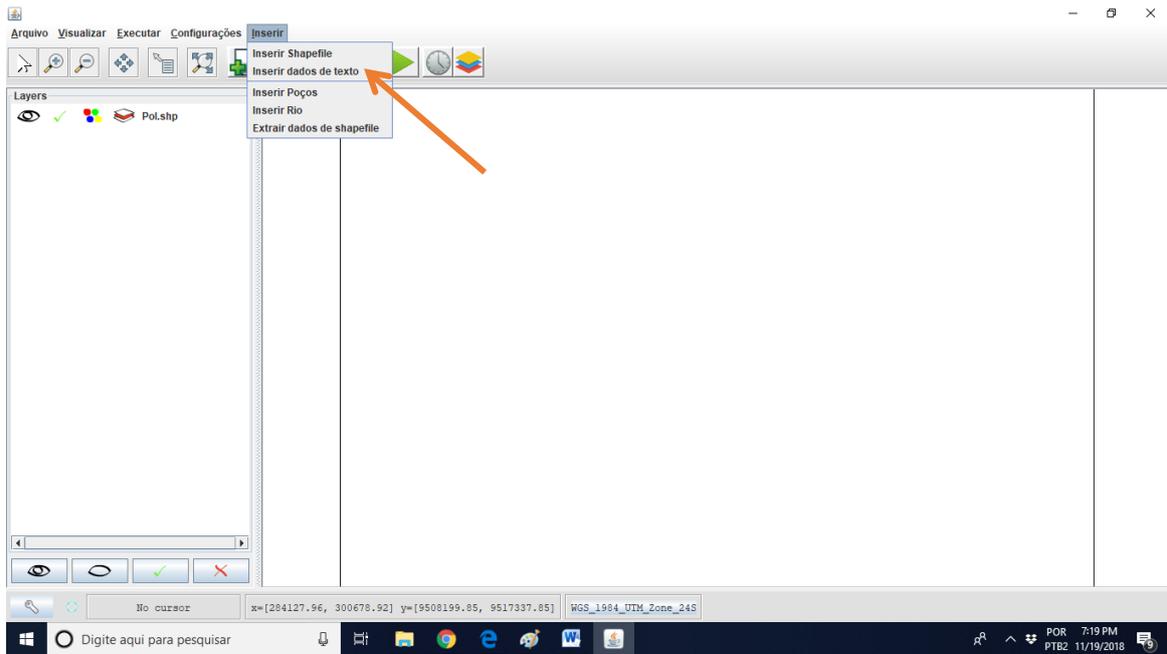
9° Passo – Criar um arquivo “PoçosFictícios.txt” com as coordenadas X,Y e Nível Estático de forma a englobar toda a região dos poços. Seu Nível estático será igual ao do poço mais próximo. Os poços fictícios são criados com o objetivo de determinar as condições de contorno.

10° Passo - Abrir o software “C:/ UFC Flow/ ufcflow”;

11° Passo – Inserir o shapefile da área. Este se encontra na pasta de saída do UFC 11, com o nome Pol;

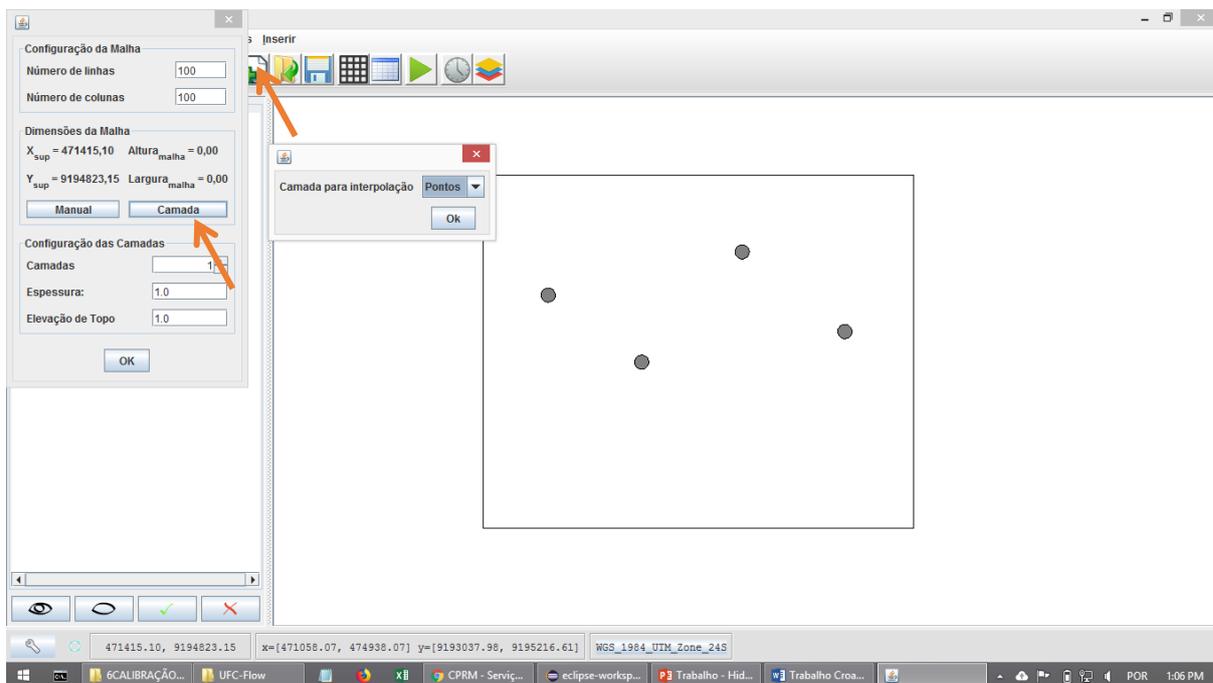


12º Passo – Inserir os pontos dos poços fictícios com o comando “Inserir dados de texto”.

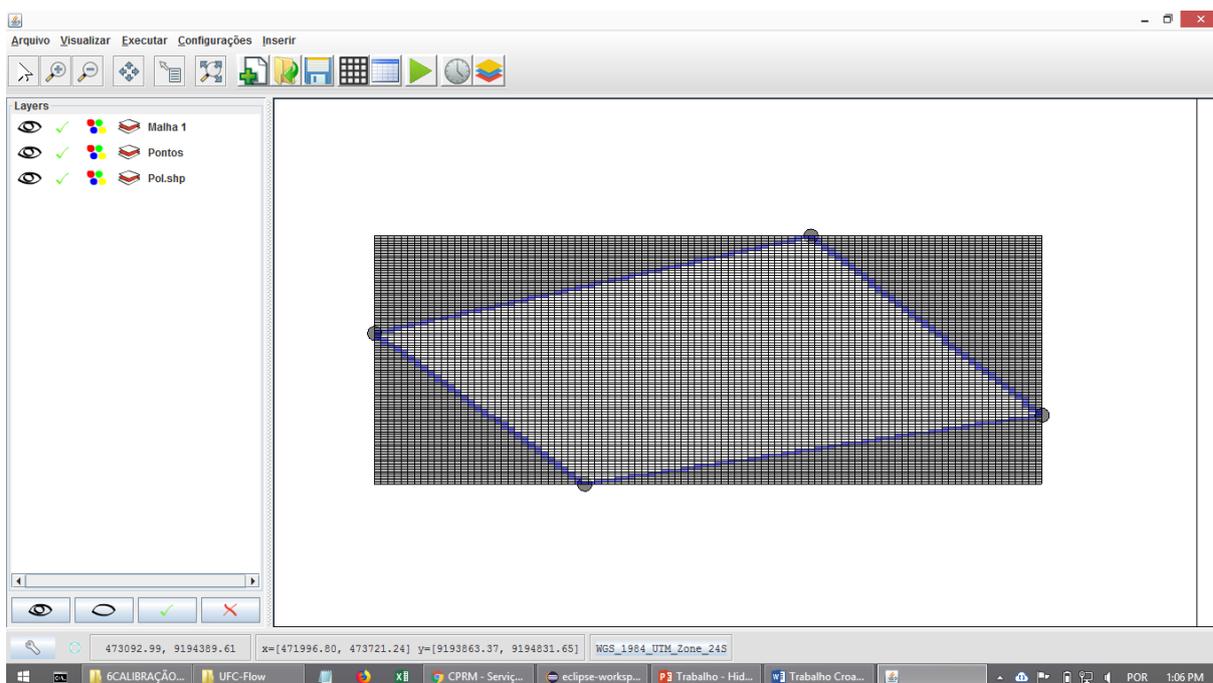


13º Passo – Renomear a nova camada para “Poços Fictícios”;

14º Passo – Com o comando “Criar novo”, criar uma malha 100 x 100, utilizando a camada “Poços Fictícios”;



O resultado obtido será a seguinte malha:



15º Passo – Com o comando “Inserir dados de texto”, inserir todos os poços;

16º Passo – Renomear a nova camada para “TodosOsPoços”;

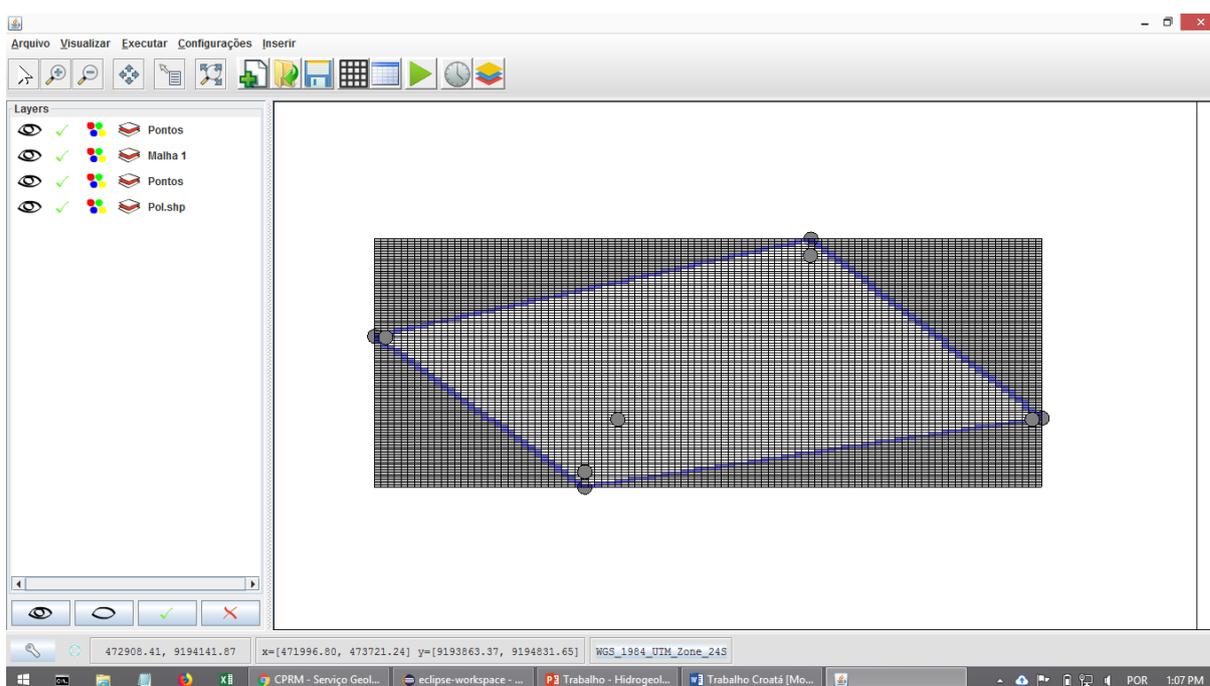
Inserir dados de texto

Arquivo: C:\Users\Guilherme\Desktop\pocotod.txt

Separador:

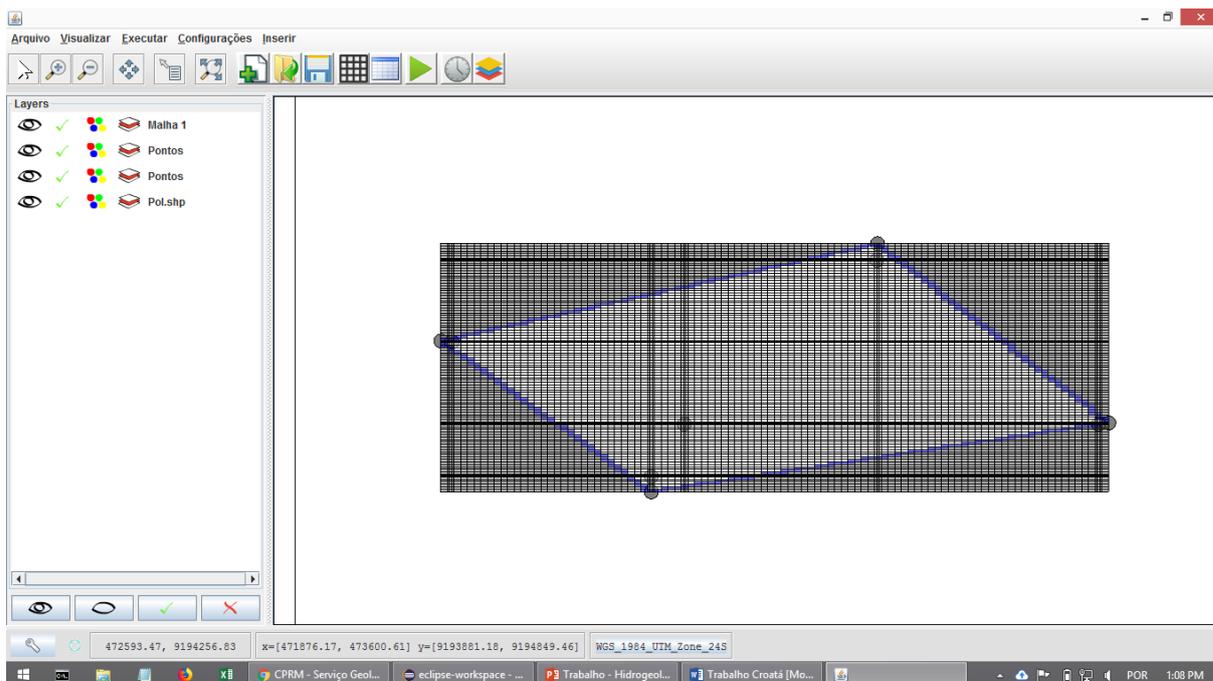
X	Y	Texto	Texto
Coordenada X	Coordenada Y		
472200	9194400	5.10	22.6
472562	9194154	5.10	22.6
472622	9194250	3.90	60
472972	9194550	2.50	55
473375	9194250	3.74	30

OK

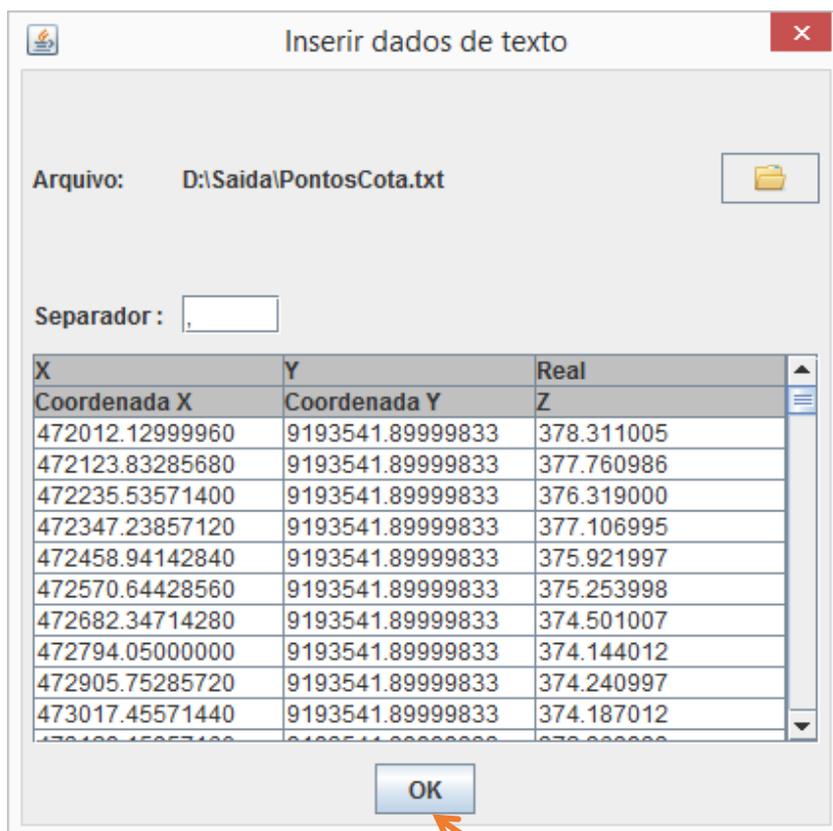


17º Passo – Com a função “Inserir poços”, executar o refinamento da malha utilizando a camada com todos os poços;

O resultado será o seguinte:

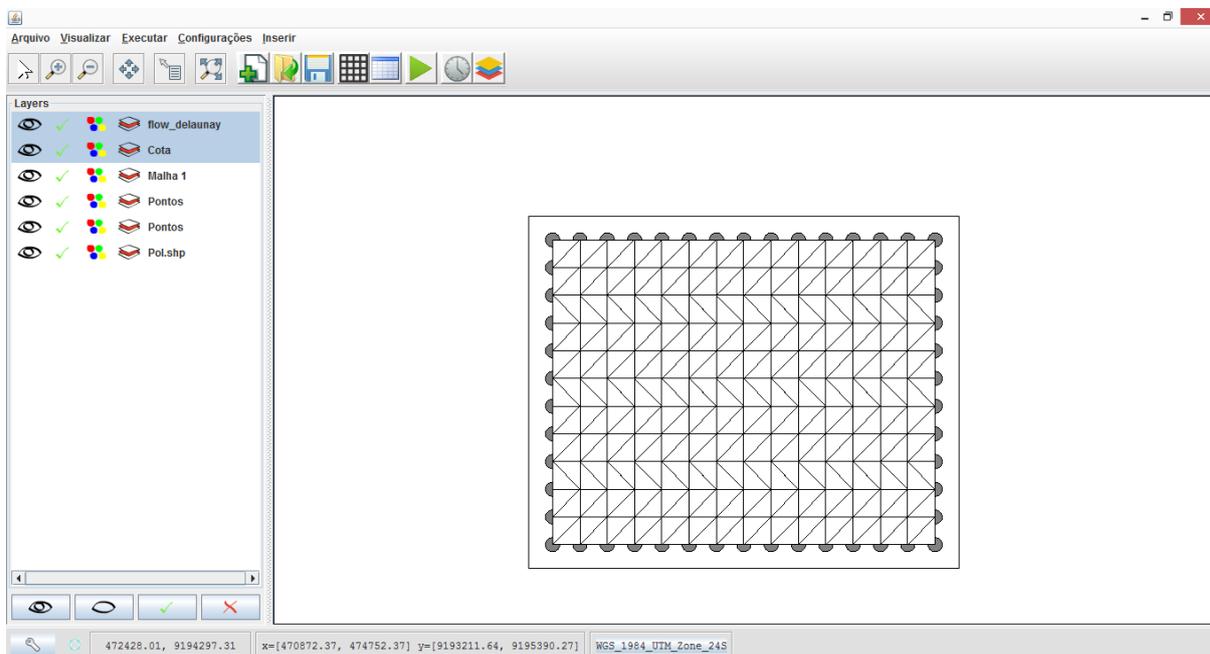


18º Passo – Com o comando “Inserir dados de texto”, inserir o arquivo “PontosCota.txt”, que se encontra na pasta de Saída do UFC 11;



19º Passo – Renomear a nova camada para “Cota”;

20º Passo – Executar triangulação utilizando a camada “Cota” e o parâmetro Z;



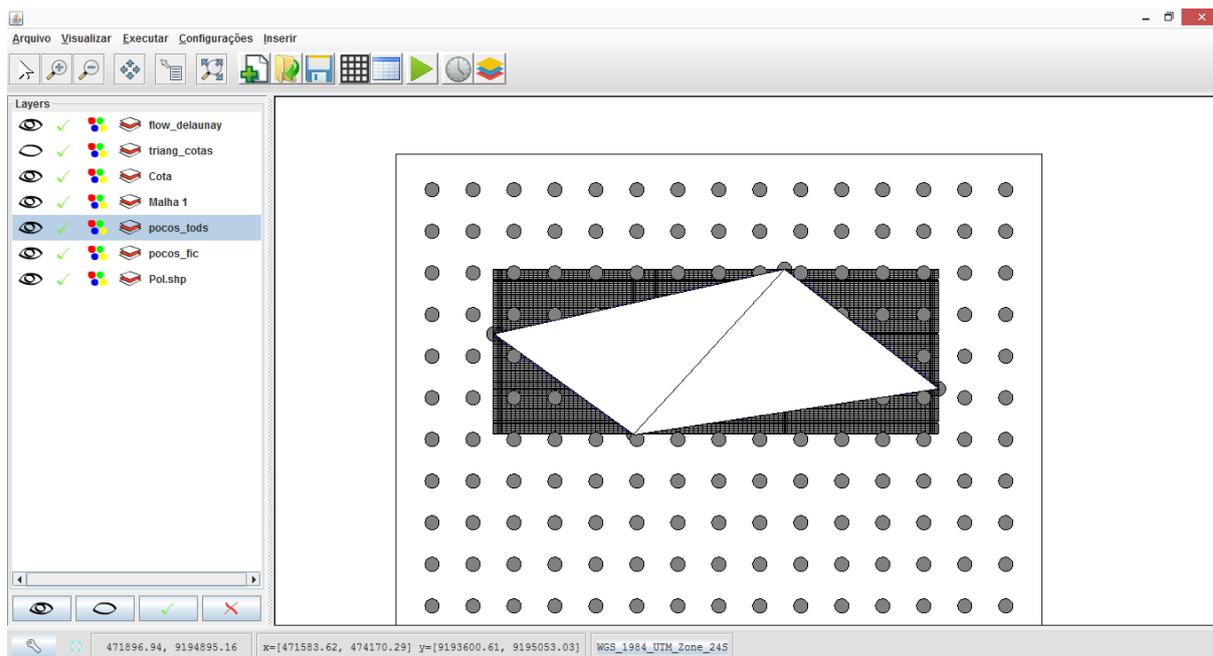
21º Passo – Renomear a nova camada para “triang\_cotas”;

22º Passo – Com o comando “Interpolar dados” interpolar os valores obtidos pela camada “triang\_cotas” e o parâmetro elevação de topo do sistema;

Elevação de Topo do Sistema [m]		Camada						
		1						
		EXP IMP						
	I2	13	14	15	16	17	18	19
31		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	387.90942...	387.895...
33		0.0	0.0	0.0	387.67676...	387.92040...	387.88920...	387.879...
34		0.0	0.0	387.46020...	387.57326...	387.88533...	387.86473...	387.859...
35		388.36675...	388.27219...	387.38468...	387.47581...	387.84807...	387.83666...	387.837...
36	5168...	388.34254...	388.26007...	387.30887...	387.38442...	387.80898...	387.80541...	387.811...
37	0821...	388.31475...	387.13404...	387.23464...	387.29881...	387.76809...	387.77129...	387.783...
38	6064...	388.28327...	387.07573...	387.16301...	387.21865...	387.72527...	387.73443...	387.751...
39	0922...	386.92907...	387.01837...	387.09455...	387.14360...	387.68037...	387.69492...	387.717...
40	5424...	386.88222...	386.96266...	387.02954...	387.07333...	387.63318...	387.65274...	387.681...
41	9607...	386.83639...	386.90909...	386.96810...	387.00752...	387.58349...	387.60791...	387.642...
42	7605...	386.82143...	386.89177...	386.94841...	386.98653...	387.56634...	387.59236...	387.628...
43	5574...	386.80664...	386.87474...	386.92913...	386.96599...	387.54887...	387.57652...	387.614...
44	1608...	386.79205...	386.85801...	386.91024...	386.94589...	387.53109...	387.56038...	387.600...
45	7762...	386.74958...	386.80968...	386.85594...	386.88816...	387.47574...	387.51015...	387.557...
46	4055...	386.70926...	386.76427...	386.80513...	386.83409...	387.41724...	387.45722...	387.511...
47	0515...	386.67135...	386.72190...	386.75775...	386.78343...	387.35537...	387.40165...	387.463...
48	7168...	386.63602...	386.68265...	386.71370...	386.73597...	387.28991...	387.34358...	387.415...
49	4033...	386.60344...	386.64660...	386.67293...	386.69148...	387.22067...	387.28326...	387.365...
50	1127...	386.57368...	386.61379...	386.63537...	386.64976...	387.14751...	387.22112...	386.660...
51	8464...	386.54683...	386.58428...	386.60102...	386.61061...	387.07040...	387.15789...	386.635...
52	6054...	386.52287...	386.55808...	386.56990...	386.57382...	386.98948...	387.09471...	386.613...
53	8903...	386.50178...	386.53522...	386.54215...	386.53921...	386.90537...	386.56954...	386.592...
54	2011...	386.48344...	386.51568...	386.51808...	386.50664...	386.81969...	386.55052...	386.575...
55	0376...	386.46769...	386.49938...	386.49817...	386.47615...	386.73655...	386.53460...	386.560...

Alterar Valores      Corrigir Dados

23º Passo – Com o comando “Executar triangulação”, triangular os níveis estáticos com a camada “Poços Fictícios”;



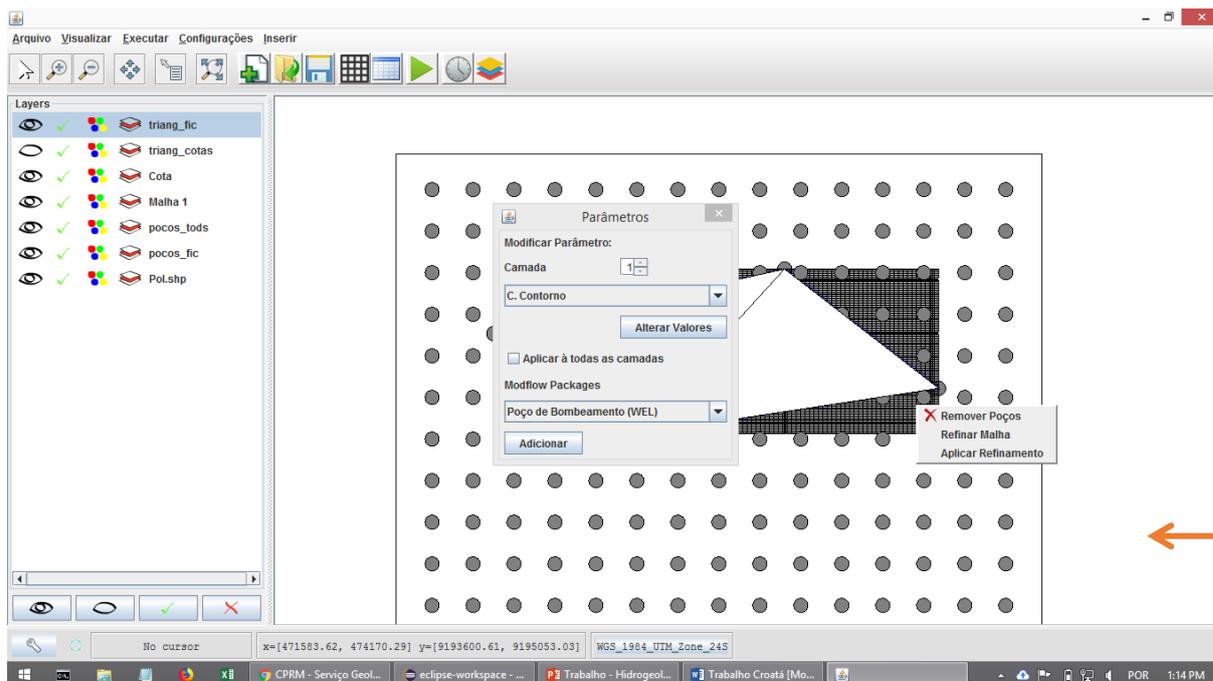
24° Passo – Renomear a nova camada para “triang\_fic.”;

25° Passo – Com o comando “Interpolar dados”, interpolar as cargas hidráulicas com a camada “triang\_fic..”;

Carga Hidráulica [m]		Camada						1	EXP	IMP
	9	10	11	12	13	14	15			
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		382.86064...	
35	0.0	0.0	0.0	0.0	383.69078...	383.52323...	382.65759...			
36	0.0	0.0	383.84066...	383.72965...	383.56827...	383.50852...	382.57919...			
37	0.0	383.88013...	383.70393...	383.60786...	383.53807...	382.38009...	382.50255...			
38	383.83658...	383.72900...	383.63290...	383.55810...	383.50442...	382.31962...	382.42870...			
39	383.70233...	383.62694...	383.55818...	383.50477...	382.14832...	382.26030...	382.35820...			
40	383.56783...	383.52243...	383.48028...	383.44819...	382.09981...	382.20284...	382.29134...			
41	383.43305...	383.41593...	383.39969...	383.38873...	382.05258...	382.14774...	382.22822...			
42	383.38803...	383.38006...	383.37232...	383.36834...	382.03721...	382.12997...	382.20802...			
43	383.34296...	383.34402...	383.34471...	383.34770...	382.02204...	382.11250...	382.18824...			
44	383.29783...	383.30781...	383.31690...	381.90774...	382.00710...	382.09536...	382.16887...			
45	383.16193...	383.19838...	383.23240...	381.86857...	381.96372...	382.04593...	382.11326...			
46	383.02513...	383.08798...	383.14676...	381.83110...	381.92275...	381.99962...	382.06131...			
47	382.88734...	382.97706...	381.69258...	381.79558...	381.88442...	381.95655...	382.01295...			
48	382.74863...	382.86622...	381.65890...	381.76225...	381.84891...	381.91680...	381.96810...			
49	382.60934...	382.75631...	381.62697...	381.73130...	381.81636...	381.88043...	381.92668...			
50	382.47028...	381.47455...	381.59703...	381.70290...	381.78685...	381.84748...	381.88862...			
51	382.33281...	381.44171...	381.56935...	381.67716...	381.76043...	381.81800...	381.85390...			
52	381.26414...	381.41105...	381.54420...	381.65416...	381.73710...	381.79199...	381.82256...			
53	381.22545...	381.38327...	381.52187...	381.63394...	381.71679...	381.76946...	381.79472...			
54	381.19049...	381.35920...	381.50264...	381.61650...	381.69940...	381.75038...	381.77065...			
55	381.16158...	381.33969...	381.48672...	381.60179...	381.68474...	381.73466...	381.75086...			

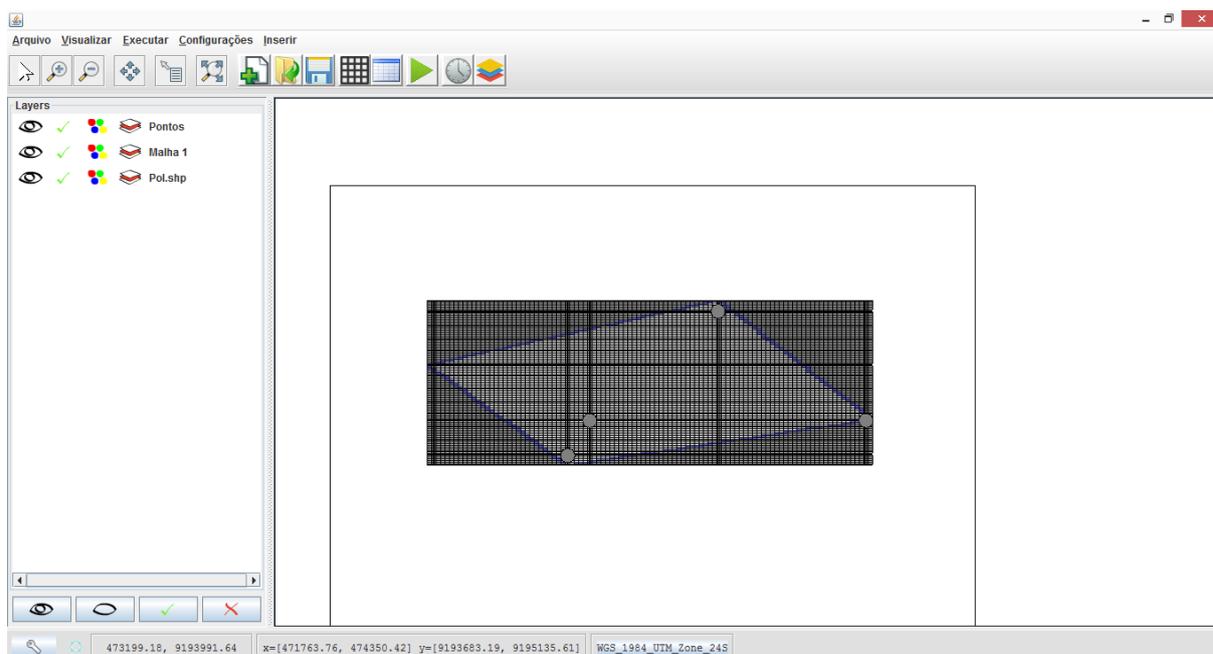
Alterar Valores      Corrigir Dados

26° Passo – Utilizar o comando “Altera vista para condições de contorno” e selecionar toda a área e remover os poços inseridos. Aguardar alguns segundos.



27º Passo – Apagar as camadas “Poços Fictícios”, “Cota”, “TodosOsPoços”, “Poços\_de\_Bombeamento”, “triang\_cotas”, “triang\_fic” O resultado é o seguinte:

28º Passo – Com o comando “Inserir dados de texto”, inserir o arquivo “PoçosBombeamento.txt”, utilizando os dados de Coordenada X, Y e vazão;

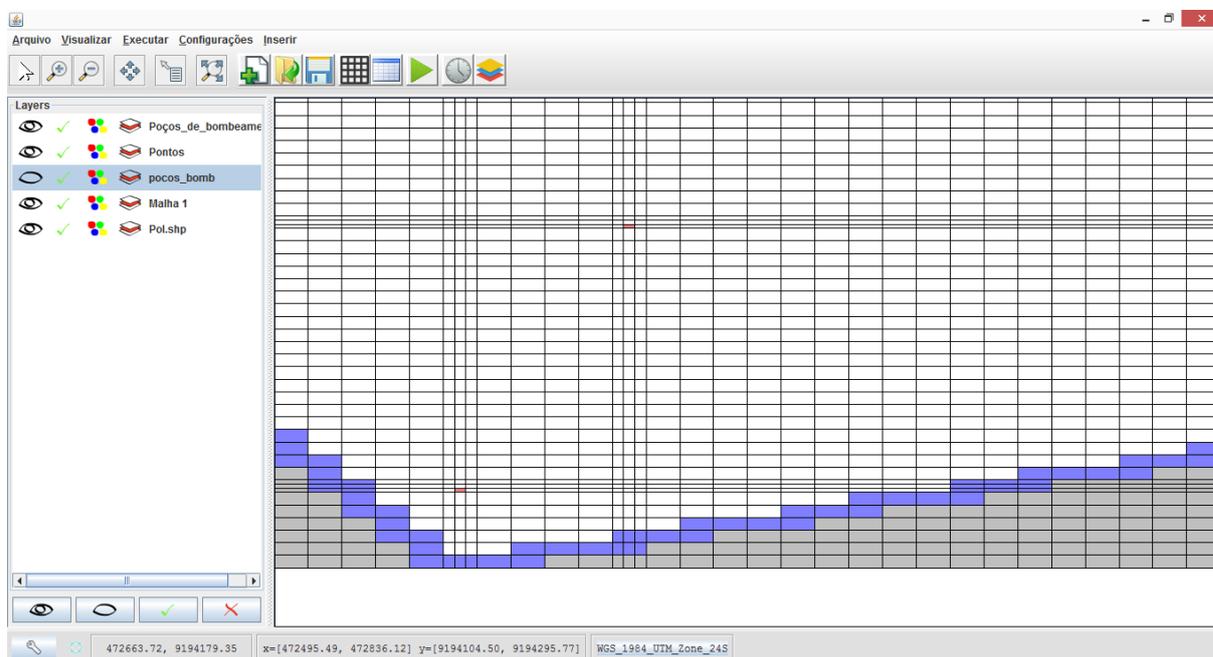
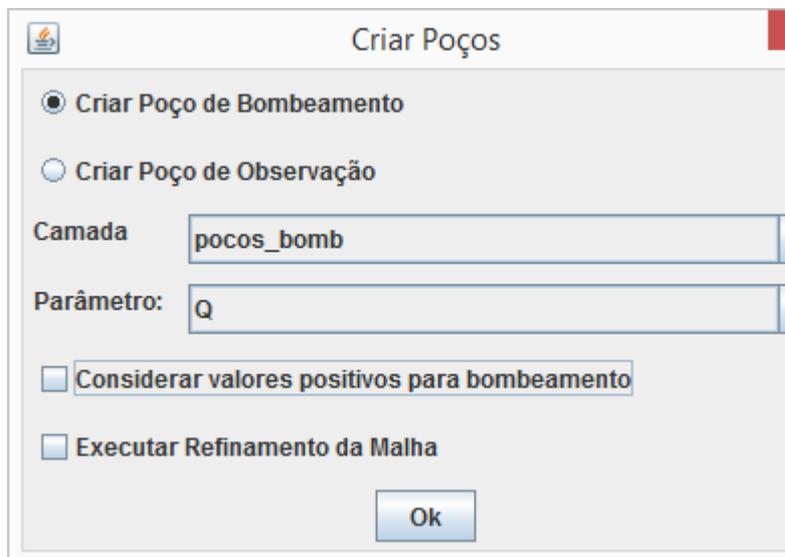


29º Passo – Renomear a nova camada para “Poços Bombeamento”;

30º Passo - Com o comando “Inserir dados de texto”, inserir o arquivo “PoçosObservação.txt”, utilizando os dados de Coordenada X, Y e Nível Estático;

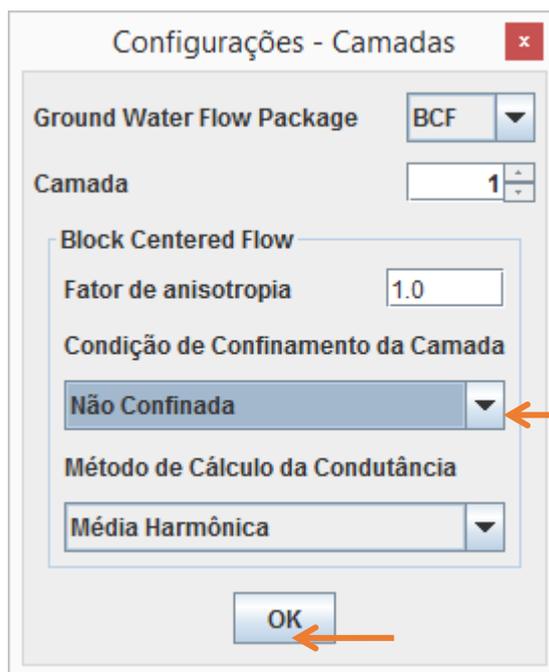
31° Passo – Renomear a nova camada para “ Poços Observação”;

32° Passo - Com o comando “Inserir poços” inserir os poços de bombeamento, utilizando como parâmetro a vazão;



33° Passo - Em seguida, com o comando “Inserir poços”, inserir os poços de observação, utilizando como parâmetro o nível estático;

34° Passo – Nas configurações das condições de fluxo na camada, alterar a condição de confinamento da camada para “Não Confinada”;



35° Passo – Nas configurações de opção de tempo da simulação, utilizar os valores default;



36° Passo - Na tabela de atributos, adotar o valor para a condutividade hidráulica horizontal de  $5.740740741e-5$  (valor de condutividade para areia);

Conductividade Horizontal [m/h] Camada 1 EXP IMP

	1	2	3	4	5	6	7	
1	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
2	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
3	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
4	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
5	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
6	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
7	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
8	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
9	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
10	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
11	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
12	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
13	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
14	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
15	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
16	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
17	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
18	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
19	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
20	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
21	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
22	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
23	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
24	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...
25	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...	5.7407407...

Alterar Valores
Corrigir Dados

37° Passo – Na tabela de atributos, adotar o valor para a elevação de fundo de -300m.

The screenshot shows a software window with a table of data. The table has 25 rows and 8 columns. The first column contains row numbers from 1 to 25. The next seven columns contain the value -300.0. The eighth column contains the value -3. The interface includes a title bar with a close button, a dropdown menu for 'Elevação de fundo [m]', a 'Camada' label, a '1' input field, and 'EXP' and 'IMP' buttons. At the bottom, there are 'Alterar Valores' and 'Corrigir Dados' buttons.

	1	2	3	4	5	6	7	
1	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
2	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
3	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
4	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
5	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
6	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
7	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
8	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
9	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
10	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
11	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
12	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
13	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
14	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
15	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
16	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
17	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
18	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
19	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
20	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
21	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
22	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
23	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
24	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3
25	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-300.0	-3

38° Passo – Salvar o arquivo;

39° Passo – Executar a simulação ModFlow;

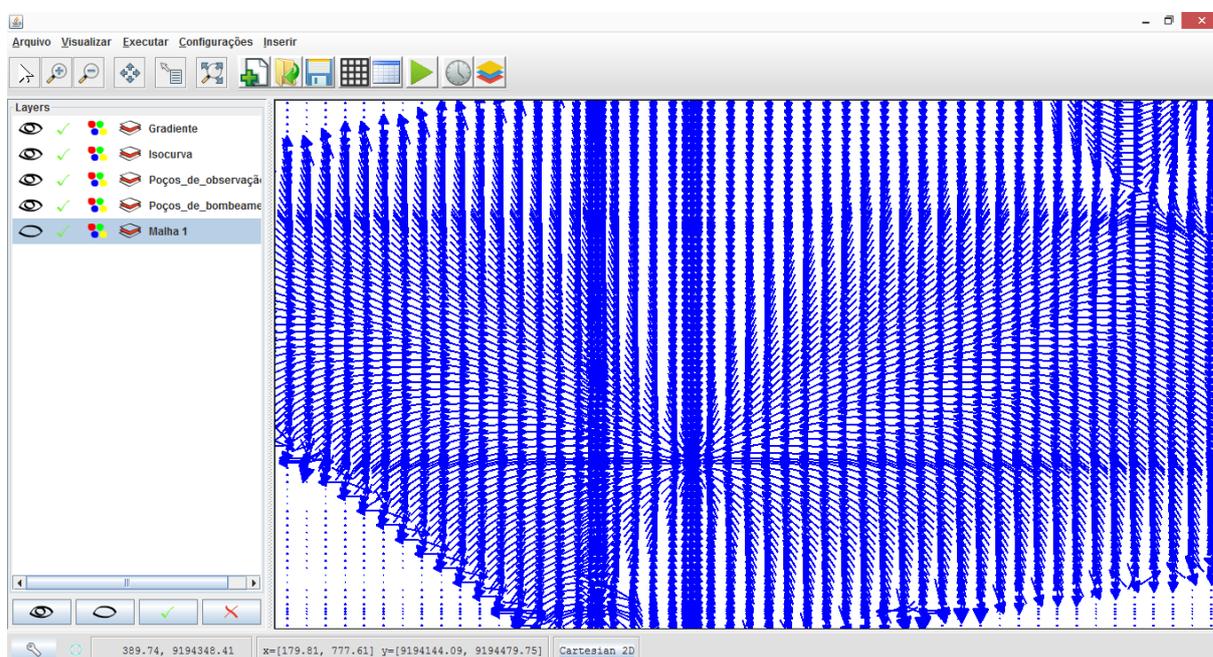
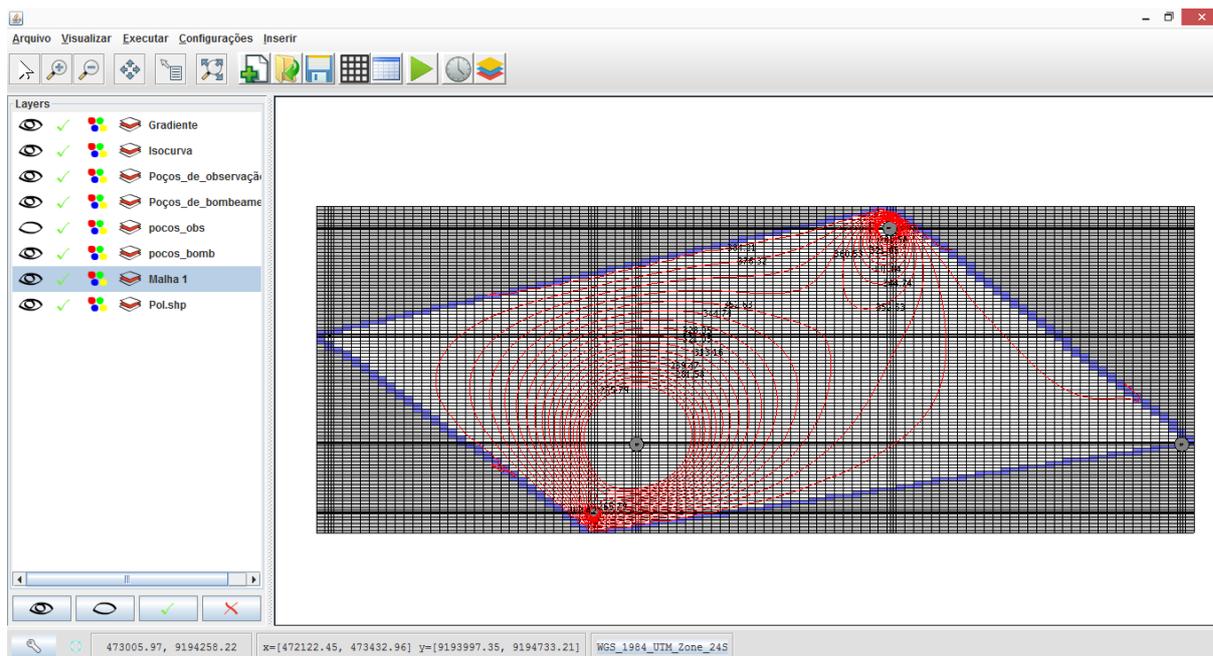
40° Passo – Verificar a tabela de cargas hidráulicas;

Carga Hidráulica [m]		Camada						1	EXP	IMP
	15	16	17	18	19	20	21			
31	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	-999.99	383.526	383.379	38	▲	
32	-999.99	-999.99	-999.99	383.432	383.259	383.296	381.529	37		
33	-999.99	383.123	383.397	383.229	381.995	381.364	379.664	37		
34	382.861	382.87	382.383	381.85	380.646	379.582	377.815	37		
35	382.658	382.054	381.375	380.564	379.278	377.899	375.997	37		
36	382.018	381.248	380.386	379.345	377.923	376.289	374.218	37		
37	381.366	380.455	379.421	378.179	376.597	374.741	372.484	36		
38	380.716	379.679	378.486	377.06	375.31	373.248	370.798	36		
39	380.079	378.926	377.583	375.987	374.067	371.809	369.163	36		
40	379.463	378.198	376.716	374.96	372.871	370.425	367.582	36		
41	378.872	377.501	375.887	373.978	371.725	369.096	366.057	36		
42	378.498	377.06	375.361	373.356	370.996	368.248	365.079	36		
43	378.314	376.843	375.104	373.051	370.638	367.831	364.597	36		
44	378.135	376.631	374.851	372.751	370.286	367.42	364.122	36		
45	377.783	376.214	374.355	372.163	369.594	366.612	363.186	35		
46	377.291	375.63	373.658	371.333	368.614	365.462	361.846	35		
47	376.838	375.09	373.01	370.559	367.694	364.377	360.573	35		
48	376.427	374.596	372.414	369.842	366.837	363.359	359.373	35		
49	376.06	374.151	371.874	369.186	366.046	362.411	358.247	35		
50	375.739	373.758	371.39	368.594	365.324	361.538	357.199	35		
51	375.467	373.419	370.967	368.068	364.674	360.742	356.233	35		
52	375.245	373.136	370.607	367.61	364.099	360.027	355.353	35		
53	375.077	372.913	370.312	367.225	363.602	359.396	354.562	34		
54	374.963	372.751	370.085	366.915	363.187	358.853	353.865	34		
55	374.906	372.653	369.929	366.682	362.857	358.401	353.266	34	▼	

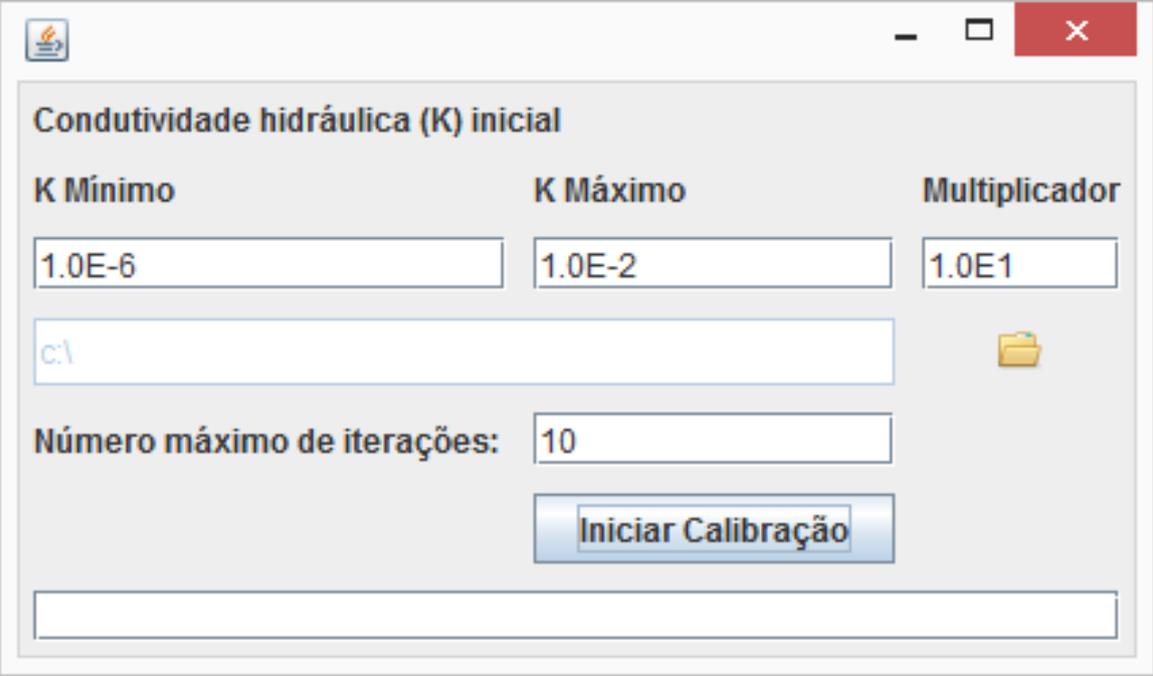
Alterar Valores      Corrigir Dados

41° Passo – Gerar as Isolinhas e setas de fluxo, no comando “Isolinhas”;

Os resultados obtidos serão:



- 42° Passo – Fechar o programa;
- 43° Passo – Abrir o UFC Flow;
- 44° Passo – Inserir novamente o shapefile da área;
- 45° Passo – Abrir o arquivo salvo no 38° passo.
- 46° Passo – Repetir o passo das condições de fluxo da camada
- 47° Passo – Repetir o passo das configurações de tempo;
- 48° Passo – Na aba “Executar”, seleccionar o comando “Calibrar – Migh”;



Condutividade hidráulica (K) inicial

K Mínimo	K Máximo	Multiplicador
<input type="text" value="1.0E-6"/>	<input type="text" value="1.0E-2"/>	<input type="text" value="1.0E1"/>



Número máximo de iterações:

49° Passo – Escolher um destino para o arquivo e executar a calibração. Aguardar alguns minutos, obtendo o seguinte resultado.

Carga Hidráulica [m]		Camada						1	EXP	IMP
	23	24	25	26	27	28	29			
37	374.465	372.762	370.856	368.738	366.431	363.96	361.345			
38	373.264	371.413	369.353	367.079	364.611	361.971	359.185			
39	372.089	370.093	367.88	365.448	362.815	360.003	357.041			
40	370.944	368.804	366.437	363.846	361.044	358.056	354.912			
41	369.83	367.547	365.026	362.272	359.3	356.131	352.8			
42	369.109	366.73	364.107	361.244	358.155	354.863	351.402			
43	368.752	366.326	363.651	360.733	357.585	354.231	350.706			
44	368.399	365.926	363.2	360.226	357.019	353.603	350.011			
45	367.701	365.133	362.303	359.219	355.893	352.35	348.625			
46	366.69	363.979	360.995	357.742	354.235	350.497	346.566			
47	365.716	362.865	359.724	356.301	352.609	348.672	344.527			
48	364.783	361.79	358.493	354.898	351.017	346.875	342.508			
49	363.892	360.758	357.304	353.534	349.461	345.109	340.513			
50	363.045	359.771	356.159	352.213	347.945	343.377	338.545			
51	362.244	358.831	355.061	350.937	346.47	341.681	336.605			
52	361.493	357.941	354.013	349.71	345.04	340.025	334.697			
53	360.793	357.104	353.017	348.533	343.659	338.411	332.826			
54	360.148	356.322	352.077	347.411	342.329	336.845	330.994			
55	359.559	355.598	351.196	346.348	341.055	335.331	329.206			
56	359.03	354.936	350.378	345.346	339.841	333.873	327.467			
57	358.564	354.339	349.625	344.411	338.692	332.476	325.783			
58	358.164	353.81	348.943	343.546	337.613	331.145	324.159			
59	357.832	353.353	348.334	342.756	336.607	329.885	322.601			
60	357.573	352.972	347.804	342.046	335.682	328.704	321.117			
61	357.389	352.67	347.356	341.421	334.843	327.609	319.715			

Alterar Valores      Corrigir Dados









