

## 5 Resultados de uma nova discretização do modelo

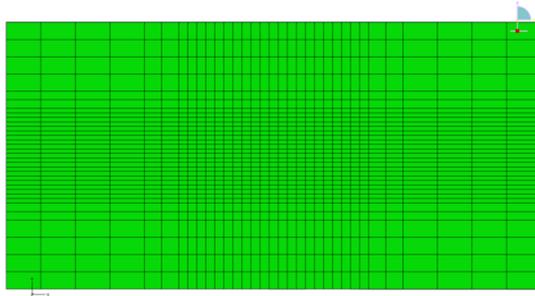
Nesta seção o mesmo exemplo do capítulo 4 é analisado, mas com uma nova discretização do modelo para ver as possíveis melhoras nas respostas e as variações de tempo e precisão quando se apresenta um número maior de células no problema.

No grid de simulação tem-se 33 células no eixo  $X$ , 33 células no eixo  $Y$ , e 17 células no eixo  $Z$ , que discretizaram o reservatório e as rochas adjacentes.

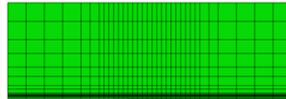
Os comprimentos das células na direção  $x$  são: 1219,20  $m$  para as quatro primeiras células, 609,6  $m$  as 2 próximas, 319,31  $m$  para as próximas 21 camadas, 609,6  $m$  para as seguintes duas e 1219,20  $m$  para as 4 últimas. Os comprimentos das células na direção  $y$  correspondem à metade dos valores da direção  $x$ .

O topo do grid está na profundidade de 0  $m$ , e as espessuras na direção vertical são 609,6  $m$ , 609,6  $m$ , 457,2  $m$ , 457,2  $m$ , 304,8  $m$ , 304,8  $m$ , 121,92  $m$ , 121,92  $m$ , 30,48  $m$ , 30,48  $m$ , para as dez primeiras camadas que representam o *overburden*. As próximas cinco camadas têm espessuras de 15,24  $m$  e representa o reservatório, as duas últimas camadas têm espessuras de 30,48  $m$  e representam o *underburden*.

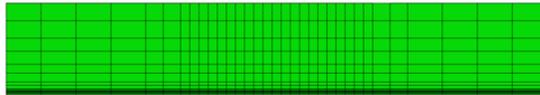
Temos um poço vertical com raio de 0,0762  $m$  (0,25  $ft$ ) que está completado no centro do grid, células (17, 17 10-15). O poço produz a uma taxa de 50000 *bpd* durante 1200 dias. Em quanto à discretização do modelo serão considerados 2205 elementos no reservatório, 21 em  $x$ , 21 em  $y$  e 5 em  $z$ . O número total de elementos com as rochas adjacentes é 18512 tendo 20808 nós, a Figura 72 mostra a nova malha.



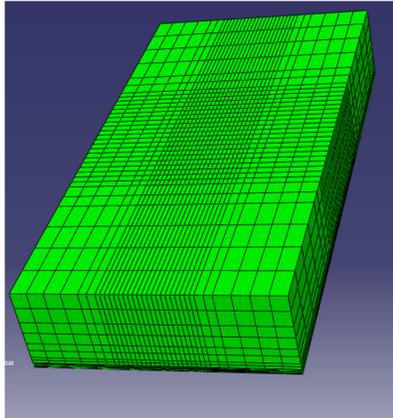
(a) Vista do topo



(b) Vista lateral



(c) Vista Frontal



(d) Vista 3D do modelo

**Figura 72 - Nova discretização do Modelo em Perspectiva.**

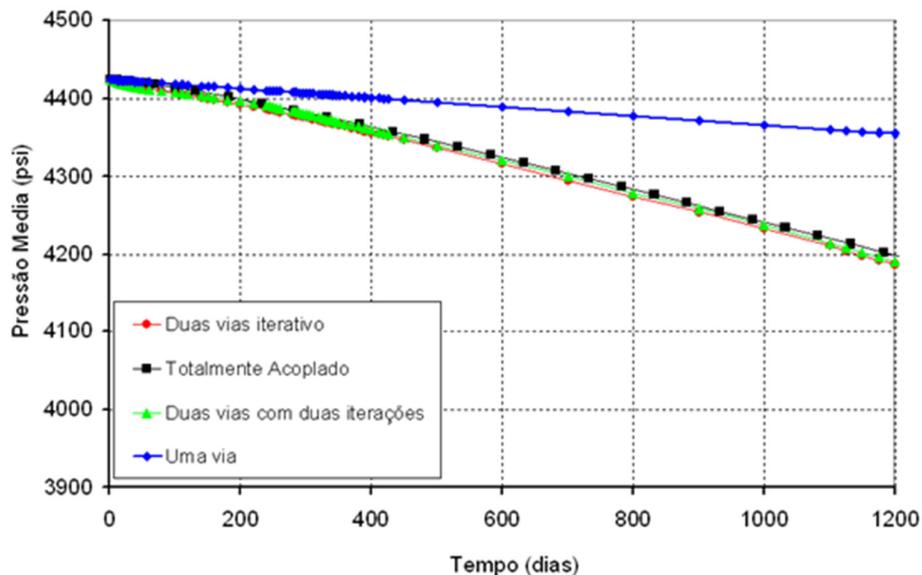
Os acoplamento com os que se resolvera o problema são:

- 1) Acoplamento Iterativo;
- 2) Acoplamento em duas vias com duas iterações;
- 3) Acoplamento em uma via.

Os valores da tolerância adotados foram 0.01 *psi* e 1 *psi* como na seção anterior. Os intervalos de tempo adotados foram aqueles gerados pelo programa ABAQUS sendo 89 intervalos de tempo: 1 dia, 2 de 4,75 dias, 2 de 1,1875 dias, 2 de 0,59375 dias, 1 de 1,1875 dias, 2,375, 2 de 1,1875 dias, 2 de 2,5 dias, 2 de 1,25 dias, 5 de 2,5 dias, 5 de 2 dias, 1 de 10 dias, 2 de 20 dias, 2 de 10 dias, 20, 2 de 10 dias, 4 de 20 dias, 4 de 5 dias, 20, 2 de 2,5 dias, 5 de 5 dias, 10, 6 de 5, 5 de 10, 12,5, 2 de 6,25 dias, 25, 50, 6 de 100 dias e 4 de 25 dias, com 1200 dias como tempo total de simulação.

### 5.1.1. Variação da Pressão Média

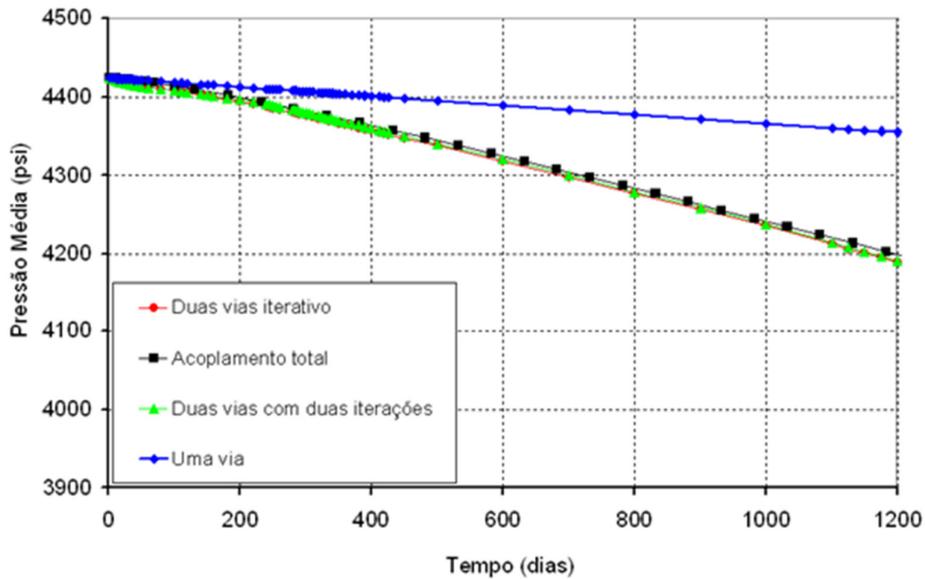
Resultados da variação da pressão média para os três tipos de acoplamento com os dois critérios de tolerância empregado são mostrados nas Figuras 73 e 74.



**Figura 73 - Resultados de Pressão Média Tol= 0,01 psi.**

O comportamento é quase igual para todos os tipos de acoplamento até os 400 dias. Para o tempo final a diferença com o valor do acoplamento total (4179,76 *psi*) é de 7,39 *psi*, para o esquema iterativo com o valor de 4187,15 *psi*,

de 8,29 *psi* para o tipo de duas vias com duas iterações com o valor de 4191,37 *psi* e no acoplamento de uma via é de 175,9 *psi* com o valor de 4354,41 *psi*.

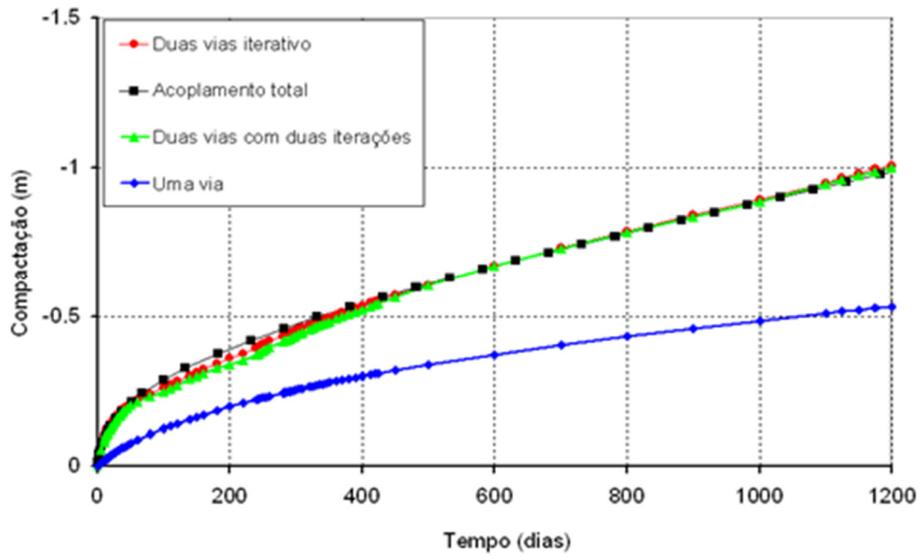


**Figura 74 - Resultados de Pressão no eixo X Tol=1 *psi*.**

As gráficas com ambos os tipos de tolerância em quanto à exatidão mostram resultados muito parecidos. Com a tolerância de 1 *psi* a diferença encontrada com referencia ao valor do acoplamento total para o esquema iterativo é de 9,89 *psi* com o valor de 4189.67 *psi*.

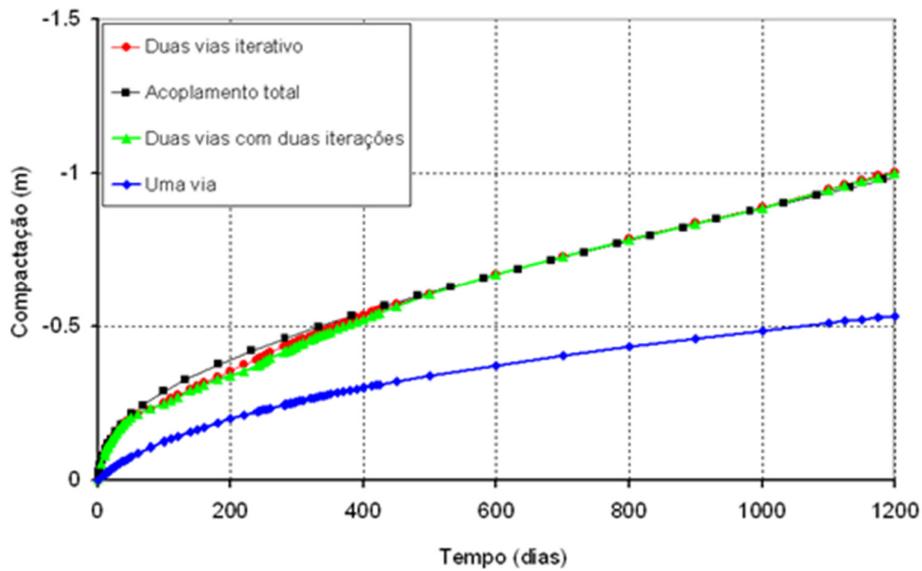
### 5.1.2. Variação da Compactação e da Subsidiência

Resultados de compactação no topo e no centro (plano xy) do reservatório são mostrados nas Figura 75 e 76 para o acoplamento total, parcial iterativo e acoplamento de uma via.



**Figura 75 - Resultados de Compactação Tol=0,01 psi.**

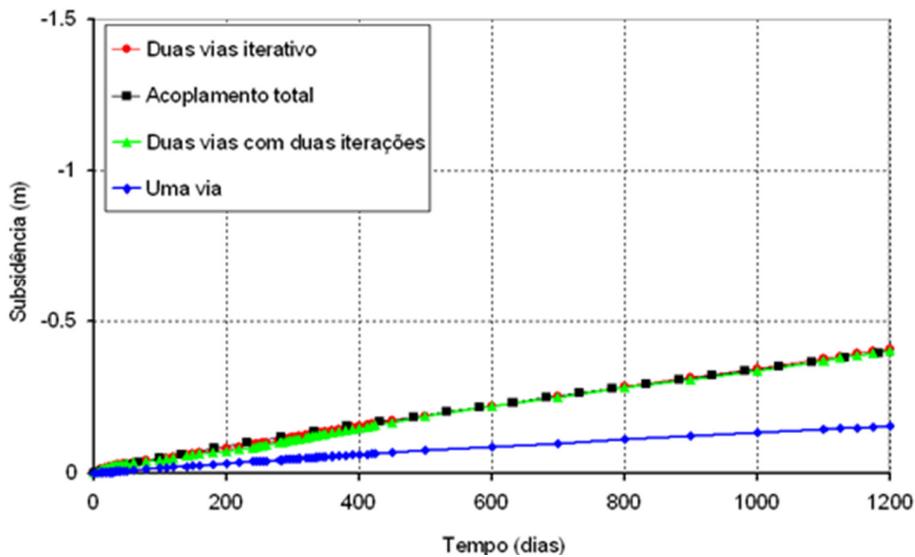
A compactação calculada no topo do modelo na célula (17, 17, 6) no tempo de 1200 dias é de 0,94 m para acoplamento total, 1,008 m para acoplamento iterativo, 1,0 m para o acoplamento em duas vias com duas iterações e de 0,53 m para acoplamento em uma via.



**Figura 76 - Resultados de Compactação Tol= 1psi.**

A compactação calculada no topo do modelo na célula (17, 17,6) no tempo de 1200 dias é de 0,94 *m* para acoplamento total, 1,004 *m* para acoplamento iterativo, 1,0 *m* para acoplamento em duas vias com duas iterações, 0,53 *m* para acoplamento em uma via.

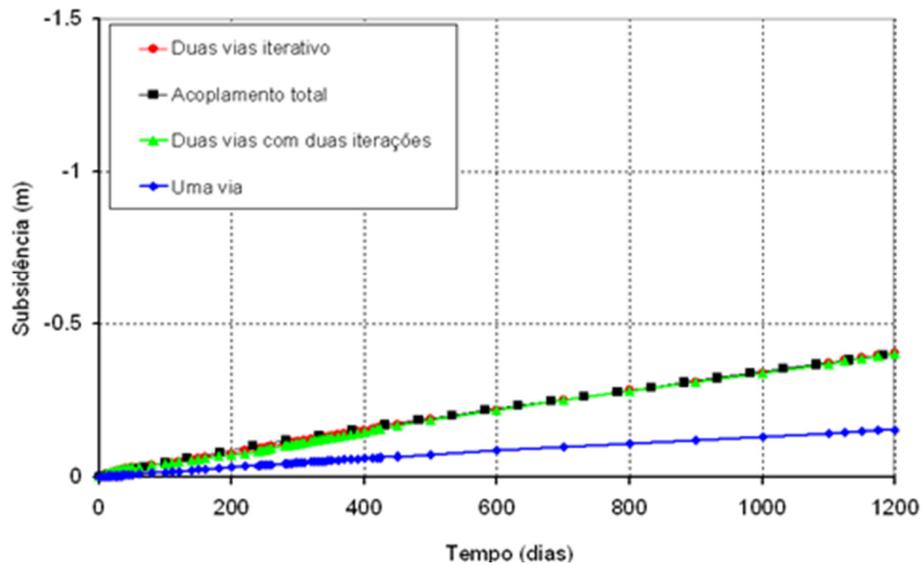
Resultados de subsidência no topo e no centro (plano *xy*) do *overburden* são mostrados nas Figura 77 e 78.



**Figura 77 - Resultados de Subsidência Tol=0,01 psi.**

A subsidência calculada no topo da rocha capeadora para o tempo de 1200 dias é de:

- 0,41 *m* para acoplamento total;
- 0,4084 *m* para acoplamento iterativo;
- 0,4031 *m* para acoplamento em duas vias com duas iterações;
- 0,1552 *m* para acoplamento em uma via.



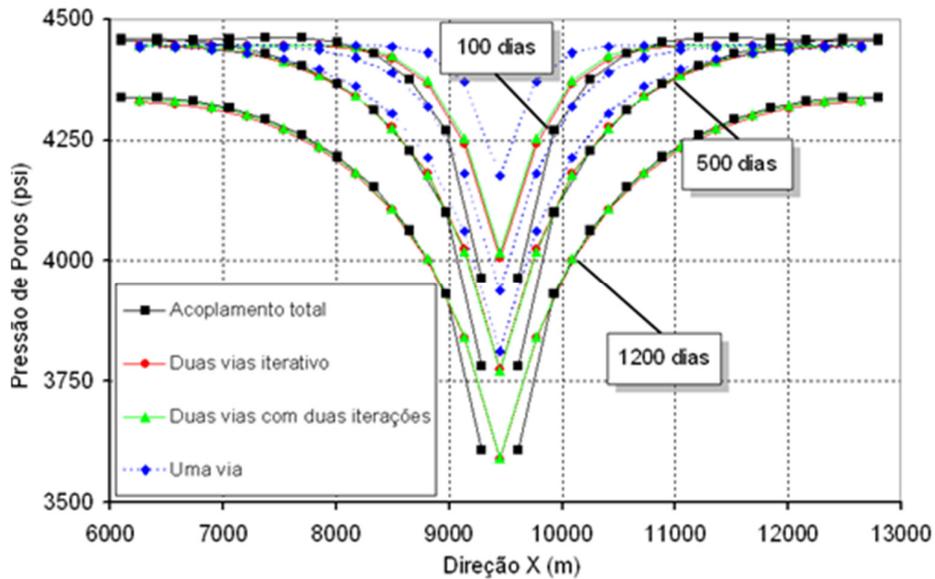
**Figura 78 - Resultados de Subsidiência x Tempo Tol=1 psi.**

A subsidiência calculada no topo da rocha capeadora para o tempo de 1200 dias é de:

- 0,41 *m* para acoplamento total;
- 0,4054 *m* para acoplamento iterativo;
- 0,4031 *m* para acoplamento em duas vias com duas iterações;
- 0,1552 *m* para acoplamento em uma via

### 5.1.3. Variação da Pressão de Poros

Numa discretização maior os valores das pressões ajustam-se muito melhor àquelas geradas pelo acoplamento total, os cálculos são mais precisos e os valores chutam com uma melhor aproximação melhorando num determinado porcentagem para todos os casos como se mostra na Figura 79.



**Figura 79 - Resultados de Pressão no eixo X Tol=1 psi.**

As quedas de pressões para todos os tempos nos esquemas iterativos e de duas vias ficaram com valores muito próximos ao acoplamento total, apresentando as variações muito pequenas nos elementos que contém o poço produtor com referencia ao acoplamento total.

No caso de uma via apresentam os mesmos problemas que o primeiro caso devido a que as pressões nas bordas para todos os tempos são iguais o tem uma mínima diferença sendo o valor de maior queda para o tempo final 204,64 psi.

Os resultados com o critério de tolerância modificado também serão avaliados em função as curvas representativas e também serão comparados os valores de tempos de corrida e número de iterações.

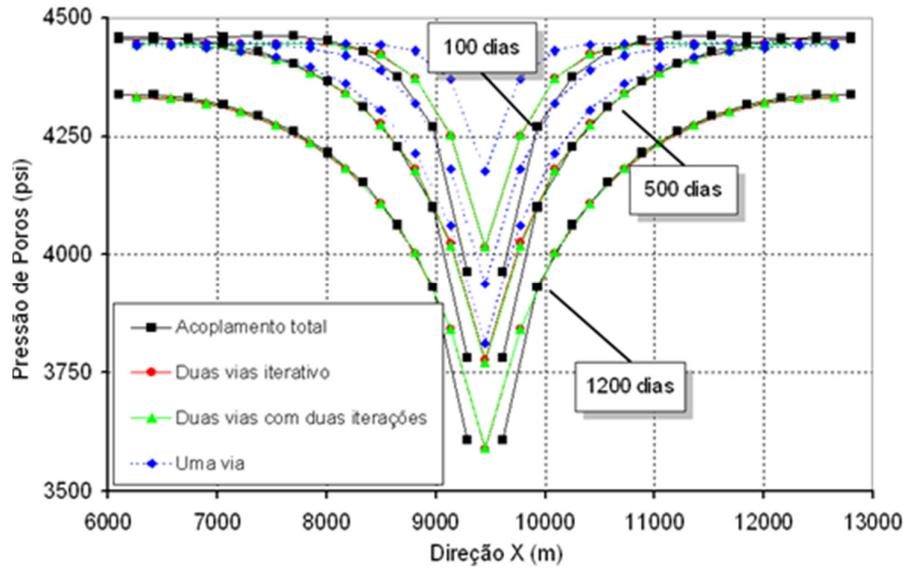


Figura 80 - Resultados de Pressão no eixo X x Tempo Tol=1 psi.

#### 5.1.4. Resultados de viabilidade

Gráficas dos números de iterações empregadas são mostradas na Figura 81 para tolerância de 0,01 *psi*, e na Figura 82 para tolerância de 1 *psi*.

### Iterações

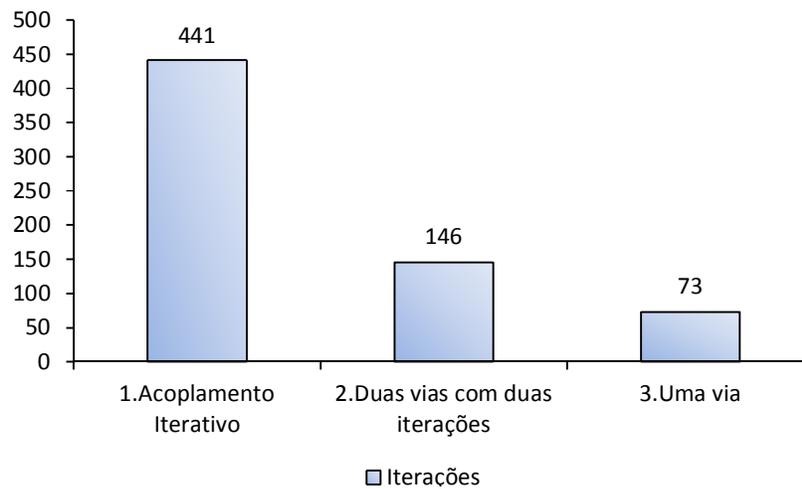
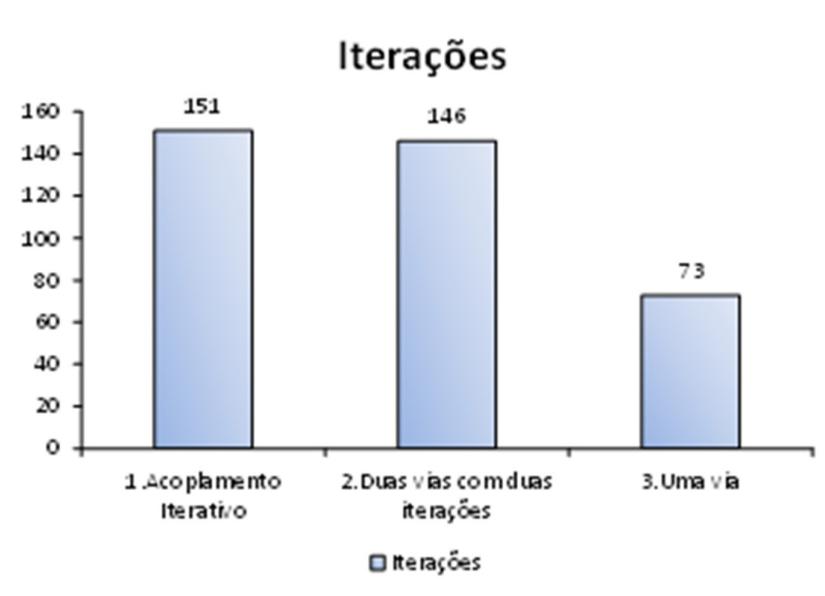


Figura 81 – Número de iterações Tol = 0,01 *psi*.

O esquema de acoplamento iterativo apresenta 441 iterações tendo 6 iterações como media por intervalo de tempo (73 intervalos), o esquema de duas vias com duas iterações faz 146 iterações com 2 iterações por intervalo e o esquema de uma via 73 iterações igual aos intervalos de tempo inicial. A diferença do esquema iterativo com o esquema de duas vias é de quase 3 vezes o número de iterações.

Com a nova tolerância os valores mudam para o caso iterativo conforme ao mostrado na Figura 82.



**Figura 82 - Número de iterações Tol = 1 psi.**

O novo critério diminui o número de iterações do primeiro tipo de acoplamento em 290, fazendo 2 iterações na maioria dos 73 intervalos de tempo, com contadas exceções que chegam até 3 iterações para convergir, sendo agora só diferente do tipo de duas vias com duas iterações em 6 iterações.

As respostas dos tempos computacionais empregados para a solução com a nova malha de simulação são mostrados na Figura 83 e na Figura 84.

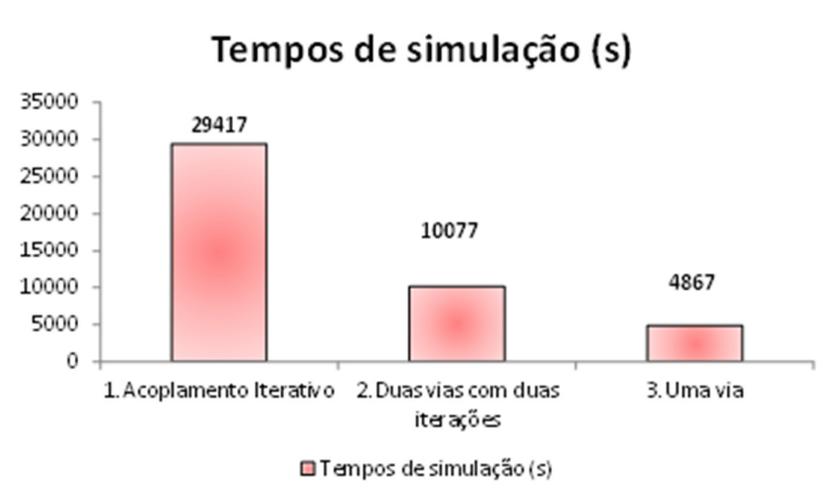


Figura 83 - Tempos de simulação Tol =0,01 psi.

O tempo computacional é maior em referencia aos empregados no capítulo 4, devido ao incremento de elementos pela nova discretização que. No acoplamento Iterativo o tempo é o equivalente há 8 horas, 2 horas e 47 minutos para o acoplamento de duas vias com duas iterações e de 1 hora e meia para o acoplamento de uma via.

Por ultimo os tempos de simulação para a Tolerância de 1psi serão plotados na Figura 84 a seguir.

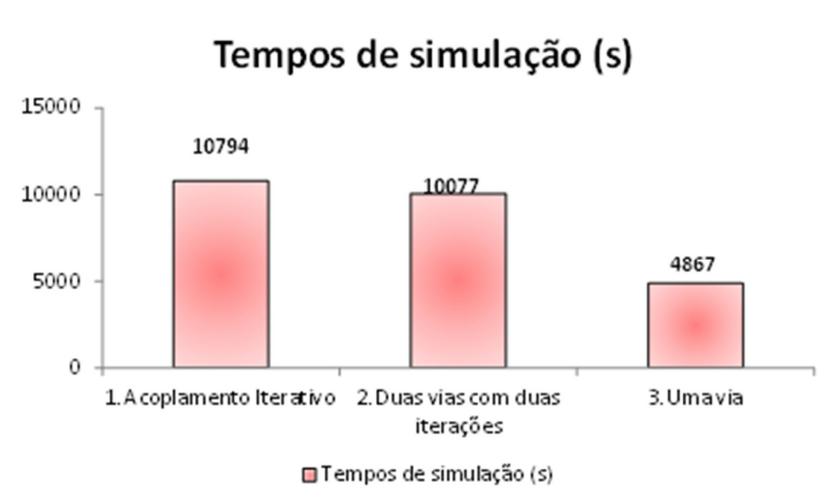


Figura 84 – Tempos de simulação Tol = 1 psi.

O tempo para o tipo iterativo diminuiu em 60%, chegando a ser somente 3 horas, viabilizando de melhor maneira o esquema, mas ainda o tempo do acoplamento de duas vias com duas iterações segue sendo menor, o que poderia ser pelo critério de tolerância escolhido a pressão média do reservatório que provavelmente não seria a ideal para o primeiro esquema.

Os resultados apresentados mostram a adaptabilidade, exatidão e tempo computacionais que os diversos tipos de acoplamentos tem para este tipo de problema, e como pequenas mudanças com levam a diferentes resultados.