

A INFLUÊNCIA DO CANHONEIO NA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO EM POÇOS COM BAIXA SURGÊNCIA

GABRIEL SIMÕES DE MORAIS¹

FERNANDA SOUZA SILVA²

RESUMO

A operação de canhoneio tem por finalidade colocar o poço em contato com a formação utilizando cargas explosivas. Tais cargas podem ser acopladas na coluna de produção, não necessitando da retirada da coluna a cada momento que o poço for canhoneado, e também as mesmas podem descer por dentro da coluna de produção por cabos, alcançando maior área de contato e ainda podem ser descidos por cabos elétricos na coluna. O canhoneio tem por objetivo principal aumentar a eficiência da produção de petróleo, otimizar a produção existente visando a obtenção de melhores resultados de produtividade de poços com baixa surgência e assim reduzir os custos com a produção de petróleo e gás natural. A operação de canhoneio tem como objetivo viabilizar o contato poço-formação, permitindo que o fluxo do óleo vá do interior da formação até o poço, para ser produzido. Várias variáveis, como a geometria do canhoneio e as propriedades físicas da rocha podem influenciar o processo do canhoneio na produtividade.

O canhoneio é montado em um suporte metálico onde os explosivos são introduzidos em uma peça tubular, conhecido como canhão, no qual os explosivos são isolados do poço.

O principal objetivo no processo de canhoneio é perfurar o revestimento, é o cimento que está entre o revestimento e a formação, para se obter contato com a rocha-reservatório do poço, e permitir a produção na área canhoneada.

Nos estudos de casos foram feitos dois estudos de casos para verificar quais dos dois estudos de casos foi e teve o melhor desempenho do método de avaliação computacional e nas avaliações nos métodos de otimização nos poços canhoneados.

¹ Graduando em Engenharia de Petróleo e Gás na Faculdade Multivix de Cachoeiro de Itapemirim|ES.

² Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais na Universidade Estadual Norte Fluminense de Campos dos Goytacazes|RJ

Os resultados adquiridos nos seguintes processos foram, o primeiro método de Função Analítica teve os resultados adquiridos num tempo muito mais longo em seu método de avaliação computacional, já o segundo método de MSC.MARC teve os resultados adquiridos num espaço de tempo muito curto com maior desempenho no método de avaliação computacional e nas avaliações nos métodos de otimização nos poços canhoneados.

Palavras-chave: Cargas Explosivas. Operação de canhoneio. Coluna de produção.

ABSTRACT

The operation of cannoning has the purpose of placing the well in contact with the formation using explosive charges. Such loads can be coupled in the production column, not needing the removal of the column at each moment that the well is cannoned, and also they can descend inside the production column by cables, reaching greater area of contact and can still be lowered by electric cables in the column. The cannoning's main objective is to increase the efficiency of oil production, optimize existing production in order to obtain better productivity results from wells with low upwelling and thus reduce costs with the production of oil and natural gas. The cannon's operation aims to make possible the well-formation contact, allowing the oil flow to flow from the formation to the well, to be produced. Several variables, such as the cannon's geometry and the physical properties of the rock, can influence the cannoning's process in productivity. The cannon is mounted on a metal support where explosives are introduced into a tubular part, known as a cannon, in which explosives are isolated from the well. The main objective in the process of cannoning is to drill the coating, it is the cement that is between the coating and the formation, to get contact with the reservoir rock of the well, and to allow the production in the rolled area. The case studies were done two case studies to verify which of the two case studies was and had the best performance of the computational evaluation method and the evaluations in the optimization methods in the wells pitched. The results obtained in the following processes were, the first method of Analytical Function had the results acquired in a much longer time in its

method than computational evaluation, since the second MSC.MARC method had the results acquired in a very short space of time with greater Performance in the computational evaluation method and in the evaluations in the optimization methods in the wells.

Keywords: Explosive loads. Cannon. Production Column

1 INTRODUÇÃO

A operação de canhoneio tem como objetivo viabilizar o contato poço-formação, permitindo que o fluxo do óleo vá do interior da formação até o poço, para ser produzido. Várias variáveis, como a geometria do canhoneio e as propriedades físicas da rocha podem influenciar o processo do canhoneio na produtividade.

O canhoneio é montado em um suporte metálico onde os explosivos são introduzidos em uma peça tubular ,conhecido como canhão, no qual os explosivos são isolados do poço.

O principal objetivo no processo de canhoneio é perfurar o revestimento, é o cimento que está entre o revestimento e a formação, para se obter contato com a rocha-reservatório do poço, e permitir a produção na área canhoneada.

Este trabalho tem como objetivo identificar e apresentar resultados de alguns estudos mediante a vida útil dos poços de petróleo com baixa surgência, que possibilitem determinar como algumas características afetam na produtividade desse poço.

2 OPERAÇÃO DE CANHONEIO

A completção de poços de petróleo tem por finalidade se comunicar o reservatório ao poço utilizando cargas explosivas.

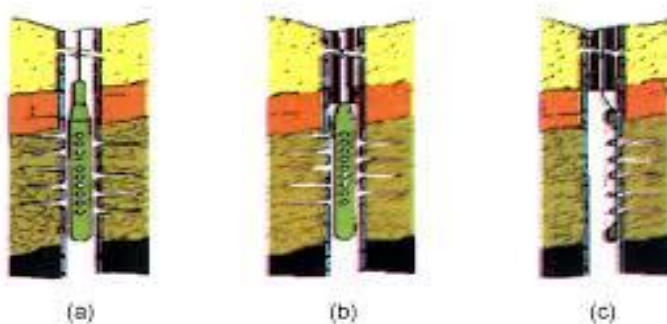
A operação de canhoneio tem como objetivo gerar fraturas com diferentes geometrias e que possibilitem o contato do poço ao reservatório. No entanto a operação pode provocar certos danos a rocha, reduzindo o fluxo de fluidos, gerando regiões com baixa permeabilidade devido a compactação dos poros rochosos, por isso uma análise da região a ser canhoneada é fundamental para o sucesso da operação.

Um canhoneio eficiente, pode diminuir os danos na formação e ainda aumentar a recuperação de fluidos e ganhos financeiros na produção.

2.1 Descrição do Processo de canhoneio

O processo convencional de canhoneio tem por objetivo colocar cargas explosivas dispostas em uma série de canhões cilíndricos ou cápsulas fixadas a uma lâmina ou arames. Esses canhões são descidos por dentro da coluna de produção (*through tubing guns*) no interior do revestimento (*casing guns*) com um cabo (*wireline guns*) com a coluna de perfuração e a de produção (*tubing conveyed perforating – TCP*), como mostra a Figura 1.

Figura 1 - (a) Canhoneio convencional. (b) Canhoneio TCP. (c) Canhoneio localizado na coluna de produção.



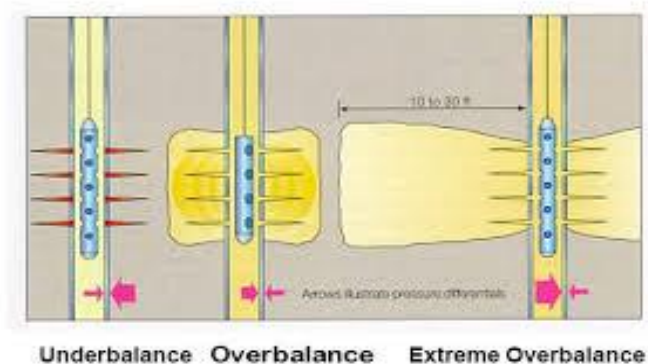
Fonte: (THOMAS, 2001)

Os explosivos podem ser definidos no tipo *Gun Perforation* feitos com balas de munição ou *Jet Perforation* que consiste em jatos de cargas moldadas, sendo o mais utilizado no final da década de 40, evoluindo juntamente com as armas militares da segunda guerra mundial (OTT *et al.*, 2003). Vale destacar que o *Jet Perforation* tem um alcance maior de penetração na formação e baixo risco de desmoronamento da formação perfurada.

2.2 Classificação de Canhoneio

O canhoneio pode ser classificado mediante a pressão exercida aos disparos juntamente a formação. Pode ser denominar *overbalance*, *underbalance* e *extreme overbalance*.

Figura 2 – Classificação do canhoneio.



Fonte: (SILVA, 2007)

2.2.1 Overbalance

Essa operação de canhoneio se utiliza a pressão do poço maior que da formação, no intuito de obter um diferencial de pressão, no sentido poço/formação, caracterizado um canhoneio balanceado ou *overbalance*.

Com diferencial de pressão (pressão da formação inferior a do poço), após o acontecimento do canhoneio, ocorre uma invasão do fluido de perfuração junto a formação para dentro das áreas canhoneadas, o que pode ocasionar a contaminação do meio rochoso. Uma incompatibilidade entre o fluido de perfuração e da argila da formação, também podem ocorrer com a invasão do fluido. Com isso, o processo de descontaminação da formação através de tratamentos químicos podem aumentar os gastos com o poço, encarecendo a perfuração (MATTA, 2007).

Após o início dos disparos, os resíduos dos explosivos, cimentos e revestimento juntamente com as demais partículas da lama são direcionadas aos poros da formação. Este acontecimento é chamado de tamponamento, dificultando o

fluido da formação de ir em direção ao poço para ser produzido, ocasionando a queda de produtividade do poço (SILVA, 2007).

2.2.2 Underbalance

Segundo Matta (2007) o processo de *underbalance* tem como objetivo perfurar o poço de óleo ou gás, fazendo que a pressão da formação seja mantida abaixo do fluido da formação. Sendo assim, ocorre, a indução do fluxo da formação ao poço, relatando uma melhoria no aumento da produtividade dos poços canhoneados, possibilitando assim a retirada de partes dos resíduos existentes nos furos e nas matrizes da formação.

Essa diferença de pressão esta favorável para a limpeza dos demais detritos do canhoneio após a explosão, assegurando assim o tamponamento. Esse tipo de canhoneio necessita que o poço esteja totalmente completado para acontecer o processo. Caso a pressão esteja negativa em função da formação é preciso que ocorra o processo de canhoneio para que o poço seja liberado para a produção do reservatório. O *underbalance* é mais utilizado que o *overbalance*, por que possibilita a limpeza dos detritos na explosão, desobstruindo assim as linhas de escoamento dos fluidos para a formação e garantindo maior segurança ao poço (SILVA, 2007).

2.2.3 Extreme Overbalance

A técnica *extreme overbalance* ocasiona a limpeza dos túneis canhoneados dos resíduos sólidos que estão sendo depositados logo após os disparos das cargas, pois se criam fraturas com pequenas fraturas na formação, aumentando o raio de drenagem dos poços (SILVA, 2007). Tal fato ocorre em virtude do diferencial de pressão

O processo de canhoneio *extreme overbalance* possui as seguintes características: permitir que o fluxo de fluidos e gás alcançados feitos pelo canhoneio, no momento dos disparos as cargas, possibilitam a remoção de qualquer resíduo que possa bloquear a mobilidade do canhoneio, aumentando a força para o fundo dos túneis, em função de uma grande pressão no poço que pode resultar na ruptura da formação criando fraturas de baixa penetração (SILVA, 2007).

3 CARGAS EXPLOSIVAS

Segundo Munroe (1988) os primeiros exemplos de canhoneio utilizados eram como munições, logo com o passar do tempo começaram a aparecer os canhoneios com jatos explosivos. Esses equipamentos foram projetados para alcançar uma penetração grande e com grande eficiência diante do revestimento metálico, as cargas envelopadas tem uma vantagem sobre as cargas de munições porque elas tem um grande poder de perfuração diante os revestimentos.

4 VANTAGENS E EFICIÊNCIA DO CANHONEIO

A desobstrução dos orifícios pela liberação das cargas explosivas libera no momento do canhoneio um diferencial de pressão hidrostática entre o interior do poço e a formação, fazendo que a pressão hidrostática do poço continue maior que o da formação, proporcionando a surgência do poço depois da operação de canhoneio. Os equipamentos utilizados na completação de poços têm por finalidade reduzir os custos na produtividade dos poços e diminuir as restrições do fluxo entre o reservatório e poço em produção. Alguns fatores a serem considerados no canhoneio são:

- Limpeza dos orifícios;
- Elementos geométricos da operação de canhoneio;
- Efeito de película (skin effect);

Limpeza dos orifícios – para acontecer a liberação dos orifícios ocasionados pelos explosivos utilizados na operação, são feitas uma diferença de pressão que o poço fique com a pressão maior que da formação, induzindo a pressão do poço aumentar em função de uma operação denominada pistoneio, assim a pressão cai e diversos perfurações são liberadas.

Elementos geométricos da operação de canhoneio - Segundo Tarik (1995) e Klotz *et al.* (1974), *skin effect* é resultado da baixa permeabilidade da formação em contato com o poço. Esse fluxo alterado é detectado por testes de produção na

formação. As causas que ocasionam esses danos são: fatores geométricos do canhoneio; número de furos e densidade efetiva, profundidade do túnel da formação; defasagem entre os tiros; distância do canhão e do revestimento e diâmetro dos túneis.

4.1 Fatores Geométricos do Canhoneio

Entre muitas fórmulas matemáticas complexas, que foram feitas para representar a geometria do canhoneio, diante de elementos finitos, Tarik (1995) e Klotz *et al.* (1974), representaram os dados por diferenças finitas.

4.2 Número de Furos e Densidade Efetiva

A vazão dos fluidos e a baixa pressão dos orifícios do canhoneio são diretamente afetados pela densidade dos disparos das cargas explosivas. Com o aumento da densidade dos disparos, consegue-se um grande aumento na vazão do poço, desde que os disparos estejam diretamente adequados, para que os efeitos de interferência do fluxo estejam interferindo no fluxo do poço.

4.3 Profundidade do Túnel na Formação

Os disparos das cargas explosivas são de grande importante, pois devem ser de altíssima eficiência para passar a faixa deformada ao redor do poço no momento da perfuração, nesse momento observa-se um aumento excelente na produtividade do poço quando os disparos passam a zona deformada.

4.4 Defasagem entre os Tiros

A defasagem é causada pela distribuição das cargas no canhão, com o mesmo número dos disparos entre direções diferentes, produzindo uma profundidade maior. Por isso o canhão de defasagem não anula o diâmetro suficiente, para que as cargas não fiquem muito longe do revestimento.

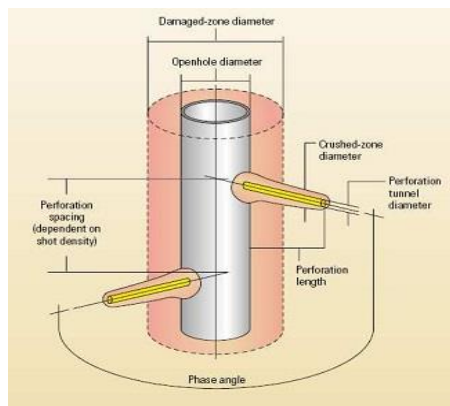
4.5 Distância do Canhão e o Revestimento

A distância do canhão e o revestimento pode ser menor possível, para não comprometer a eficiência de penetração dos disparos. O canhão pode ser multidirecional, para possibilitar um maior raio de alcance e que seja compatível com o revestimento, como exemplo, cita-se o canhão com pequeno diâmetro, o *through tubing gun*. Este tipo de canhão pode utilizar os disparos em linha ou unidirecional, para que o direcionamento magnético pode direcionar e garantir um posicionamento excelente do canhão.

4.6 Diâmetro dos Túneis

O diâmetro dos orifícios em relação ao canhoneio afeta vazão dos poços, o *gravel Pack* deve ser utilizado para reter a areia, a fim de que seu diâmetro não perca a sua vazão em relação ao poço. Além disso, o canhoneio deve ser controlado para não acontecer produção de areia em formação pouco consolidadas.

Figura 3 - Mostra a geometria do canhoneio.

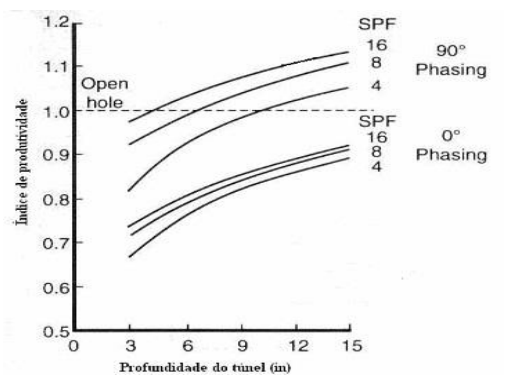


Fonte: (TARIQ, 1995)

Alguns exemplos geométricos que podem influenciar na produtividade dos poços canhoneados são:

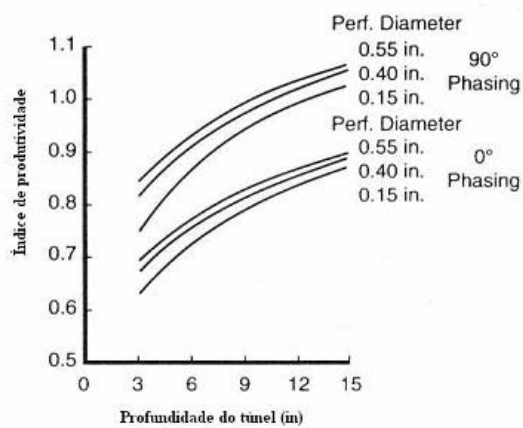
- 1 – No momento que a densidade dos furos for incrementada no poço acontecerá um aumento na produtividade (Figura 4 e Figura 5);
- 2 – Quando acontecer aumento na profundidade do túnel, cresce a produtividade do poço (Figura 4 e Figura 5);

Figura 4 – Densidade do canhoneio e a profundidade do túnel com o índice de produtividade.



Fonte: (Fonte: TARIQ,1995)

Figura 5 – Efeito do diâmetro e da profundidade do túnel com o índice de produtividade do poço.



Fonte: (Fonte: TARIQ,1995)

4.7 Efeito de Película (*Skin Effect*)

A pequena permeabilidade causada em volta da formação é resultado dos métodos e das operações em torno do poço, restringindo que o fluido possa ser feitos análises de formação, conseqüentemente o mesmo pode ser dividido em três partes:

Problemas ocasionados pelo fluxo convergente: quando o fluido do reservatório atingir os orifícios causados pelos disparos do canhoneio.

Problemas devido a compactação: ocasionado quando a ação compressiva dos jatos do canhoneio fazem que a permeabilidade por volta dos furos fique reduzida.

Problema ocasionado pela compactação: as causas ocasionadas pela relação compressiva mediante a ação do canhoneio, proporciona uma redução da permeabilidade entre a zona das perfurações.

4.8 Evidências Empíricas

Segundo Tarik (1995) e Klotz *et al.* (1974), estudos relatam que a permeabilidade na zona alterada pode ter entre 10 a 20% da permeabilidade da formação não-danificada, mesmo nos casos de canhoneio sub-balanceado.

Pressão diferencial: o deslocamento dos detritos acumulados pelas cargas após o canhoneio sub-balanceado, pode reduzir a produção do poço e o nível de diferencial de pressão.

Fluido de compactação: quando se utiliza o fluido que e compatível a formação gera uma produtividade boa, aos níveis de sub-balanceamento.

Desvio do poço: em certos casos as cargas não são acopladas perpendicularmente em sentido ao fluxo da formação, pode-se colocar em um ângulo plano a formação e ao eixo do poço ou pode ser em um poço horizontal.

Penetração parcial: em alguns poços, apenas certa parte do intervalo produtor será liberado ao fluxo.

Fluxo turbulento: a influência da turbulência em relação a eficiência do fluxo pode ser obtida por simulação ou experiência, que pode reduzir a maior área exposta ao fluxo turbulento.

5 PROBLEMAS OCACIONADOS NA FORMAÇÃO QUE ATRAPALHAM O CANHONEIO

A operação de canhoneio é um dos procedimentos mais eficientes para se obter um aumento de produção, e serão observados algumas características:

- Propriedades físicas
- Fluido da formação
- Anisotropia da permeabilidade
- Laminação de folhelhos
- Fraturas naturais

Propriedades Físicas – Estado da formação do reservatório, rigidez sobre o cisalhamento que auxilia na introdução das cargas explosivas e tem como objetivo auxiliar na desobstrução dos eventuais túneis obstruídos.

Fluido de Formação – tem um grande aumento nos fatores de pressão para a eficiência de limpeza nos túneis, nos poços de gás a diferença de pressão é maior em relação aos poços produtores de óleo, assim tem uma queda de permeabilidade sobre as laterais da tubulação que aumenta a desordem no fluxo.

Anisotropia da Permeabilidade – Acontece um grande aumento na produção que auxilia no volume da densidade das cargas e a diminuição da anisotropia, tendo aumento no túnel tanto na densidade.

Laminação de folhelhos – A laminação desses folhelhos são aparentemente igual a anisotropia da permeabilidade.

Fraturas Naturais – As fraturas naturais tem uma importância muito grande na locomoção dos fluidos nos poços canhoneados a ligação entre os mesmos é essencial para ligar as fraturas ocasionadas pelas cargas com os túneis, gerando a produção de hidrocarbonetos.

6 SEGURANÇA NA UTILIZAÇÃO DAS CARGAS EXPLOSIVAS

Em operações de canhoneio, busca-se um cuidado com segurança por utilizar uma grande quantidade de explosivos, aonde não pode acontecer falhas no processo dos disparos ou na instalação das cargas explosivos, evitando acidentes no acontecimento dos cargas disparadas. Nesse processo que utilizam explosivos devem ser vistoriados pelas empresas ou devem ser fiscalizados pelos órgãos competentes que autorizam no manuseio de explosivos.

No processo de descidas das cargas explosivas, são vistoriadas a área ao redor do poço para evitar qualquer possibilidade de existência de uma forma de transmissores a rádio que possam acionar as cargas explosivas no momento da descida da operação e ter uma segurança maior no momento da manobra. Para se ter maior eficácia na descida das cargas, são utilizados alguns métodos para descer a cargas explosivas, como: os canhões são descidos por cabos elétricos, as carga podem ser acopladas na coluna de produção e utiliza-se um cabo por dentro da coluna de produção aonde poderá alcançar uma maior área canhoneada. Na retirada das cargas, devem ocorrer vistorias para ter a certeza que não houve alguma falha e se não ficou alguma cargas sem ser disparada no momento da retirada do canhão, ocasionando um trauma maior no poço ou algum acidente maior.

7 PROCESSO PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE DE UM POÇO DE PETRÓLEO COM A OPERAÇÃO DE CANHONEIO

Para colocar em produção um poço de petróleo temos diversas situações para obter êxito no aumento na produtividade de um poço, reduzindo os custos com

toda a operação, desta forma podemos operar com o método de canhoneio para obtermos um excelente aumento na produção e ter soluções de maneira que a produção do poço tenha um rendimento esperado. Além disso, essa operação trabalha com procedimentos geométricos, informações físicas, processos operacionais e a situação econômica.

Dessa maneira a pesquisa relacionada ao aumento da produtividade em poços de petróleo com a operação de canhoneio, estuda como aumentar a produtividade, minimizando problemas, reduzir o tempo operacional dos computadores e ter respostas compatíveis com a produção real.

Durante a operação para otimizar um poço de petróleo teremos que ter alguns conceitos, Matta (2007) e Lima (2008):

- Objetivo: apresentar dados relativos ao aumento da produtividade;
- Parâmetros do projeto: características que reduzem o objetivo da operação e alteram o projeto proposto;
- Exceção: são problemas que alteram os dados proposto;

7.1 Projeto Operacional de Análise do Fluxo de Canhoneio

Tem como finalidade otimizar a produtividade, e obter dados operacionais para o sistema do projeto desenvolvido, assim ter uma resposta eficiente e exata com o intuito de diminuir o processo operacional e para obter um melhor desempenho serão utilizados métodos matemáticos.

Portanto são utilizadas equações matemáticas que medem o fluxo linear e o fluxo radial da parede plana do túnel.

Fluxo linear:

$$R_f = \frac{L\mu}{kA}$$

Fluxo radial:

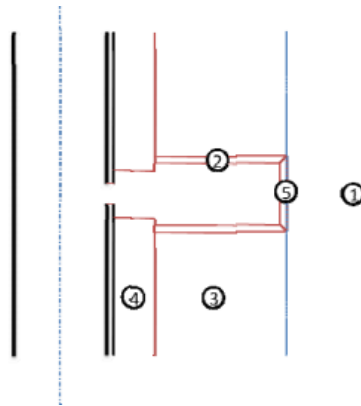
$$R_f = \frac{\mu \ln(r_e/r_w)}{2k\pi h}$$

No entanto comparando as equações matemáticas chegamos a esta equação simplificada da vazão:

$$R_f = R_c \cdot \mu$$

Portanto para calcular o rf da equação matemática, representada na figura a seguir:

Figura 6 - Áreas canhoneadas



Fonte: (MATTA, 2007)

Portanto para calcular todas as áreas mostradas na figura 6, foram realizados cálculos com a equação rf para calcular todas as áreas numeradas.

$$Rf = \frac{(R_{5-C} + R_{1-3}) \left[\frac{(R_{2-C} + R_{3-3})(R_{4-C} + R_{3-4})}{R_{2-C} + R_{3-3} + R_{4-C} + R_{3-4}} + R_{1-3} \right]}{\left[\frac{(R_{2-C} + R_{3-3})(R_{4-C} + R_{3-4})}{R_{2-C} + R_{3-3} + R_{4-C} + R_{3-4}} \right] + R_{1-3} + R_{5-C} + R_{1-3}}$$

Para resolver a equação do fluxo analítico gerado no processo de canhoneio.

Os resultados apresentados e aplicados nas formulas acima geraram os seguintes valores na tabela a seguir:

Tabela 1- Resultados das vazões do MSC.MARC e a vazões analítica.

Vazão do MSC.MARC	Vazão da Função Analítica	Discrepância (%)
1721,97 in ³ /d	1882,06 in ³ /d	9,3%
0,1774 bbl/d	0,1939 bbl/d	9,3%

Fonte: (MATTA, 2007)

7.2 Estudo de caso nos resultados das vazões analítica e MSC.MARC, segundo MATTA (2007).

7.2.1 Estudo de caso relacionada a vazões analíticas.

Os materiais envolvidos na pesquisa e relatados nos gráficos abaixo apresenta uma serie de ferramentas com parâmetros desenvolvidos para relatar o melhor resultado na simulação do canhoneio na figura abaixo:

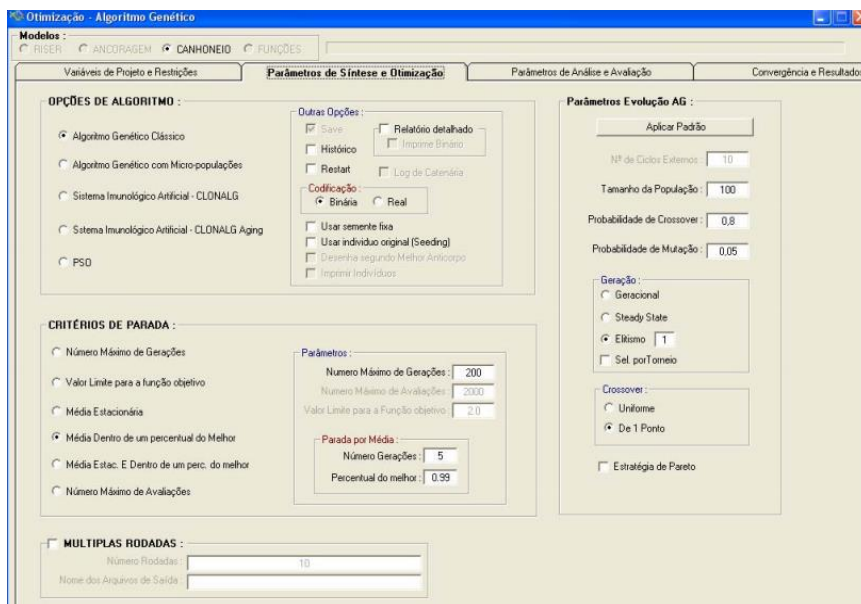
Figura 7 – Métodos de otimizar o primeiro caso.

Canhoneio :	Min	Máx	Precisão	Ind. de Custo	Melhor	Ativa
Dímetro Externo do Reservatório	500	1000	1	1	535,23	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura da Parede de Rocha	11,05	18,53	1	1	16,39	<input checked="" type="checkbox"/>
Dímetro do Poço	7	9,5	1	1	8,67	<input checked="" type="checkbox"/>
Altura do Passo	1	3	1	1	3,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Num. Total de Voltas	1				1	<input type="checkbox"/>
Num. Furos por PE	1	6	1	1	6,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Dímetro de entrada no revestimento	0,5	1	0,01	1	0,52	<input checked="" type="checkbox"/>
Dímetro do túnel na interface cimentação/reservatório	0,7	1	0,01	1	0,72	<input checked="" type="checkbox"/>
Dímetro final do túnel	0,1	0,7	0,01	1	0,62	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura do dano do canhoneio	0,1	0,7	0,01	1	0,10	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura do revestimento	0,1	0,5	0,01	1	0,22	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura da cimentação	0,1	0,5	0,01	1	0,35	<input checked="" type="checkbox"/>
Comprimento do túnel	3	65	1	1	63,03	<input checked="" type="checkbox"/>
Comprimento da ponta do túnel(tip)	0,1	0,7	0,01	1	0,57	<input checked="" type="checkbox"/>
Permeabilidade da rocha	0,1	0,5	0,01	1	0,50	<input checked="" type="checkbox"/>
Permeabilidade do revestimento	0,01	0,3	0,01	1	0,19	<input checked="" type="checkbox"/>
Permeabilidade do dano	0,001	0,1	0,001	1	0,09	<input checked="" type="checkbox"/>
Permeabilidade do túnel	10000	100000	1	1	76036,58	<input checked="" type="checkbox"/>
Anisotropia	0,0001				0,0001	<input type="checkbox"/>
Pressão interna	300	500	1	1	302,35	<input checked="" type="checkbox"/>
Pressão externa	600	800	1	1	796,96	<input checked="" type="checkbox"/>
Gráu de refinamento	1				1	<input type="checkbox"/>

Fonte: (MATTA, 2007)

Na figura 8, foi utilizado um processo computacional para medir os resultados propostos.

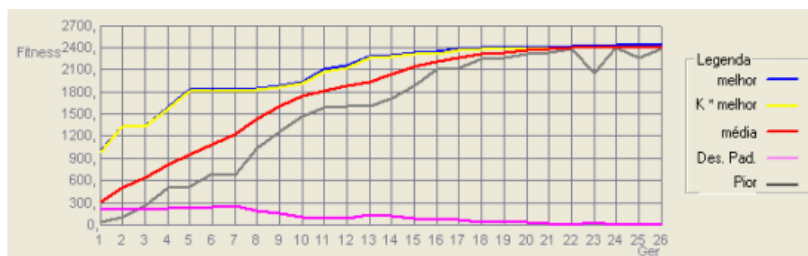
Figura 8 – Processo de otimização do segundo caso.



Fonte: (MATTA, 2007)

O resultado relatado na figura 9 mostra o aumento da produção utilizando o método de vazões analíticas, como podem ser observadas com os valores de $2425,55 \text{ in}^3/\text{d}$ ($0,2498 \text{ bbl/d}$).

Figura 9 – Desempenho comprovado no 1 caso



Fonte: (MATTA, 2007)

7.2.2 Segundo estudo de caso relacionado a MSC.MARC.

Neste processo, os cálculos foram obtidos pela função analítica desempenhados por Matta (2007), que estão relacionados a seguir com MSC.MARC.

Segundo Matta (2007) os valores representados na Figura 10 representam os dados para viabilizar e validar os estudos desenvolvidos pelos programas apresentados, com as seguintes variáveis:

- Tiros por pé: (spf);
- Comprimento do túnel:(Lp);
- Diâmetro de entrada do revestimento: (D eh);
- Diâmetro do reservatório: (D ehr);
- Diâmetro final do túnel: (D ehf);
- Espessura ao dano no canhoneio: (e c).

Figura 10 – Sistema de otimização reproduzido por Matta (2007).

Variáveis de Projeto e Restrições	Parâmetros de Síntese e Otimização		Convergência e Resultados			
Variáveis de Projeto/Limites de Busca	Min	Máx	Precisão	Ind. de Custo	Melhor	Ativa
Diametro Externo do Reservatório (c1)	850				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espessura da Parede de Rocha (d2)	11,05				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diametro do Poço (d3)	8,5				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altura do Passo (altura)	1				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Num. Total de Varras	1				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Num. Furos por Pé	2	6	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diâmetro de entrada no revestimento (t1)	0,1	0,5	0,1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diâmetro do túnel na interface cimentação/reservatório (t2)	0,5	1	0,1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Diâmetro final do túnel (t3)	0,1	0,5	0,1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura do dano do canhoneio (t4)	0,1	1	0,1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura do revestimento (t5)	0,1				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espessura da cimentação (t7)	0,1				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comprimento do túnel (t8)	3	80	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Comprimento da ponta do túnel (t9)	0,5				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Permeabilidade da rocha (M1)	0,141				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Permeabilidade da formação (M2)	0,034				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Permeabilidade do canhoneio (M3)	0,034				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Permeabilidade do túnel (M4)	100000				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aristotropia (k _c)	0,1				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pressão interna (P1)	316				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pressão externa (P2)	632				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grav. do refinamento	6				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: (MATTÁ, 2007)

Na Figura 11 e Tabela 1, foi demonstrado cada valor obtido e desenvolvido pelas variáveis de MSC.MARC.

Figura 11 – Processo de otimização do caso 2.

Canhoneio :	Min	Máx	Precisão	Índ. de Custo	Melhor	Ativa
Dímetro Externo do Reservatório	850				850	<input type="checkbox"/>
Espessura da Parede de Rocha	11,05				11,05	<input type="checkbox"/>
Dímetro do Poço	8,5				8,5	<input type="checkbox"/>
Altura do Passo	1				1	<input type="checkbox"/>
Núm. Total de Voltas	1				1	<input type="checkbox"/>
Num. Furos por Pê	2	6	1	1	3,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Dímetro de entrada no revestimento	0,1	0,5	0,1	1	0,27	<input checked="" type="checkbox"/>
Dímetro do túnel na interface cimentação/reservatório	0,5	1	0,1	1	0,71	<input checked="" type="checkbox"/>
Dímetro final do túnel	0,1	0,5	0,1	1	0,50	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura do dano do canhoneio	0,1	1	0,1	1	0,10	<input checked="" type="checkbox"/>
Espessura do revestimento	0,1				0,1	<input type="checkbox"/>
Espessura da cimentação	0,1				0,1	<input type="checkbox"/>
Comprimento do túnel	3	80	1	1	70,30	<input checked="" type="checkbox"/>
Comprimento da porta do túnel(p)	0,5				0,5	<input type="checkbox"/>
Permeabilidade da rocha	0,341				0,341	<input type="checkbox"/>
Permeabilidade do revestimento	0,034				0,034	<input type="checkbox"/>
Permeabilidade do dano	0,034				0,034	<input type="checkbox"/>
Permeabilidade do túnel	100000				100000	<input type="checkbox"/>
Anisotropia	0,1				0,1	<input type="checkbox"/>
Pressão interna	316				316	<input type="checkbox"/>
Pressão externa	632				632	<input type="checkbox"/>
Gráu de refinamento	6				6	<input type="checkbox"/>

Fonte: (MATTA, 2007)

Tabela 2 - Comparação de resultados viabilizando o projeto de Matta (2007)

	Matta, 2007	Autores
SPF	6	3
L_p	46,05''	70,30''
D_{eh}	0,21''	0,27''
D_{ehr}	0,86''	0,71''
D_{ehf}	0,21''	0,50''
e_c	0,22''	0,10''

Fonte: (MATTA, 2007)

Representando a Figura 12 e 13, estão os resultados do projeto de Matta (2007), comparando dois projetos.

Figura 12 – Mecanismo de otimizar de Matta (2007)

Variáveis de Projeto e Restrições | **Parâmetros de Síntese e Otimização** | Convergência e Resultados

Opções do Algoritmo

- Algoritmo Genético Clássico Save
- Algoritmo Genético com Micro-populações Restart
- Enxame Relatório detalhado

Nº de Ciclos Externos:

Codificação

- Binária Real Histórico

Critério de Parada

- Nº Máximo de Gerações Duplo (Média)
- Limite para a função objetivo Média x Melhor
- Média

Critério para parada por Média

N =

K =

Parâmetros de Evolução

Tamanho da População

Probabilidade de Crossover

Probabilidade de Mutação

Aplicar Padrão

Geração

- Geracional
- Steady State
- Elitismo
- Sel. por Torneio

Crossover Uniforme

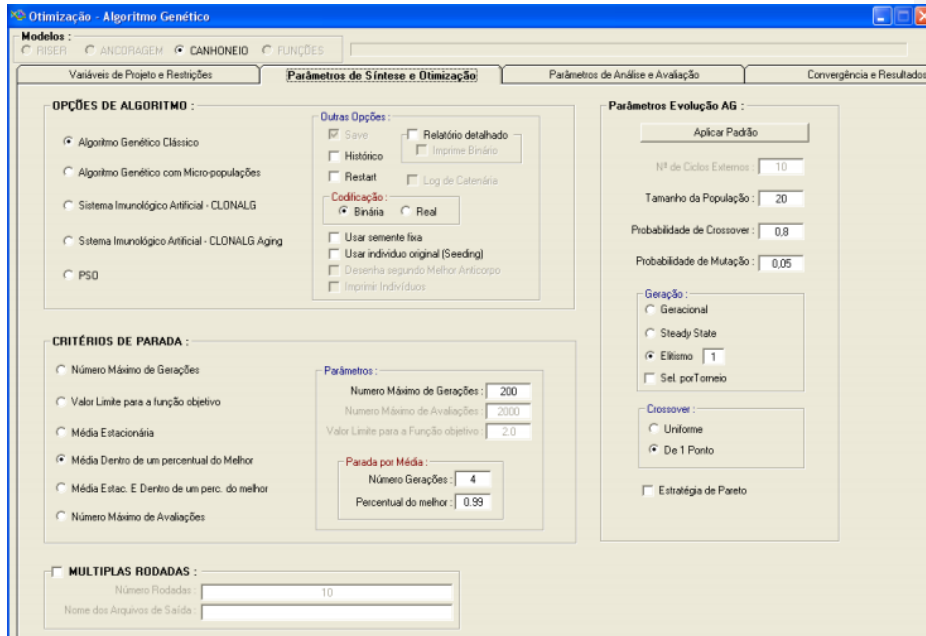
Crossover de 1 Ponto

Usar semente fixa

Usar indivíduo original (Seeding)

Fonte: (MATTÁ, 2007)

Figura 13 – Métodos de otimizar do caso 2



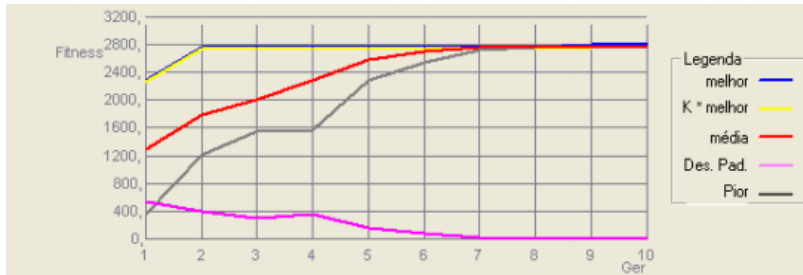
Fonte: (MATTA, 2007)

Segundo Matta, (2007) observa-se que os resultados obtidos no gráfico da Figura 14 relatam um aumento no valor de vazão aproximados a 2600 in³/d (0,2678 bbi/d) e nos resultados do estudo de caso, 2790,47 in³/d (0,2874 bbi/d), valores bem aproximados com os projetos apresentados quando tem a diminuição da spf e tem um ganho no Lp , fazendo um comparativo com Matta (2007).

Pode observar que o comparativo entre o tempo dos dois projetos, para se julgar o estudo, segundo Matta (2007), podem ser obtidos 142 registros num tempo de 01:18:09 e no segundo caso foram óbitos 102 registros num tempo 00:00:01, mostrando a eficácia do método analítico em função do tempo.

A Figura 14 mostra os resultados obtidos pelo segundo estudo de caso.

Figura 14 – Ascensão do método do estudo de caso 2.



Fonte: (MATTA, 2007)

8 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi relatar com estudos e discussões os processos de Função Analítica e o método de Função MSC.MARC, para relatar qual dos métodos tem melhor desempenho na função de otimizar a produção de um poço de petróleo.

Com esse dois modelos de otimizar a produção, o aumento de produtividade está ligado a um projeto computacional que os dois projetos apresentados e discutidos, apresentam informações para avaliar qual projeto tem o maior ganho de produtividade utilizando o método proposto.

Os resultados adquiridos nos seguintes processos foram, o primeiro método de Função Analítica teve os resultados adquiridos num tempo muito mais longo em seu método que avaliação computacional, já o segundo método de MSC.MARC teve os resultados adquiridos num espaço de tempo muito curto com maior desempenho no método de avaliação computacional e nas avaliações nos métodos de otimização nos poços canhoneados.

9 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

KLOTZ, J. A., KRUEGER, R. F., PYE, D. S. (Novembro 1974). Efeito do dano da perfuração na produtividade do poço. JPT, Trans., AIME 257, p.1303-1314.

LIMA, B. S. L. P., Notas de Aula de Algoritmos Genéticos. COC 769, Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Português (Brasil)

Formatado: Português (Brasil)

MATTA, P. S., Aplicação de Algoritmos Genéticos para a Otimização da Produção em Poços de Petróleo Canhoneados. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

MUNROE, C. E., Amer F. Sci., pág 35, 48, 1888.

OTT, W. K., WOODS, J. D., Modern Sandface Completion Practices Handbook. HALLIBURTON, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 2003.

SILVA, K. F., Simulação Numérica pelo Método dos Elementos Finitos de Procedimentos de Canhoneio em Poços de Petróleo. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

TARIQ, S. M., Ichara, M. J., M. J., and Ayestaran, L. – Performance of Perforated Completions in the Presence of Anisotropy, Laminations, or natural Fractures, SPE (Nov. 1989) 376-84.

TARIQ, S. M., SUKUP, R. A. e BELL, W. T.. – Perforating, First printing, Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME, Society of Petroleum Engineers Inc., Richardson, SPE (1995).

THOMAS, J. E., Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2001.