

FORMAÇÕES INCONSOLIDADAS: PRODUÇÃO DE AREIA E TÉCNICAS DE CONTENÇÃO

Loreta Nascimento Pereira¹

Ana Paula Silva Conceição de Santana²

RESUMO

A produção de hidrocarbonetos em formações não consolidadas tem gerado grandes problemas para a indústria petrolífera no Brasil e no mundo. A areia produzida, advinda desse tipo de formação, associada ao óleo e/ou gás causa sérios danos no poço e nos equipamentos de superfície e subsuperfície, reduzindo a sua vida útil ou até ocasionando seu abandono/paralisação. Mecanismos de controle da produção de areia têm sido utilizados para prevenir a ocorrência desse fenômeno e com isso ajudar na manutenção da estabilidade dos poços a fim de evitar gastos excessivos na produção do hidrocarboneto. Tubos ranhurados (ou rasgados), tela pré-empacotada, *gravel pack* e *frac pack* são alguns dos métodos utilizados na contenção de areia.

PALAVRAS-CHAVE

Formações não Consolidadas. Produção de Areia. Retenção de Areia.

ABSTRACT

The hydrocarbons production in unconsolidated formations has generated major problems for the oil industry in Brazil and in the world. The sand

¹ Pós-graduanda em Engenharia de Poços de Petróleo e Gás – Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: loreta_np@hotmail.com

² Mestre em Engenharia de Petróleo; Professora do programa de pós-graduação em Engenharia de Poços de Petróleo e Gás da Universidade Tiradentes. E-mail: anapaulascsc@yahoo.com.br

produced from this type of formation, associated with the oil and / or gas, causes serious damage to the well and to the surface and subsurface equipment reducing its life span or even causing its abandonment / stoppage. Mechanisms to control the sand production have been used to prevent the occurrence of this phenomenon and thus help in maintaining the stability of the wells in order to avoid excessive expenses in the hydrocarbon production. Slotted (or ripped) tubes, pre-packaged screen, gravel pack and frac pack are some of the methods used in sand restriction.

KEYWORDS

Unconsolidated Formations. Sand Production. Sand Restriction.

1 INTRODUÇÃO

A completação de poços, conjunto de operações que prepara o poço para a produção, deve ser realizada com o objetivo de deixá-lo produzir de forma mais segura e econômica possível por toda a sua vida produtiva, de modo otimizado, evitando a necessidade de futuras intervenções no poço, reduzindo os custos operacionais (THOMAS, 2001).

Na produção de hidrocarboneto (óleo e/ou gás) em reservatórios inconsolidados é comum a vinda de partículas sólidas em conjunto, denominada de produção de areia. A quantidade de areia produzida depende das características de cada rocha-reservatório: tipo de formação (consolidadas ou inconsolidadas), coesão (capacidade de integridade da formação nas condições de vazão e pressão a que são empregadas durante a produção), dentre outras (MARTINS, 2011). Segundo Barreto (2007), a produção de areia tem causado muitos problemas em poços de petróleo, fazendo com que a indústria petrolífera desenvolva métodos para a contenção dessas partículas sólidas.

Massa (2012), afirma que a presença de areia em um poço prejudica a sua produtividade e cita alguns dos principais problemas causados pelo processo: interrupção do fluxo por deposição de areia no poço e entupimento dos canhoneados; acúmulo nos equipamentos de superfície (choke e linhas) e

subsuperfície (mandris de gás-lift e DHSV), causando erosão; redução da produção, pelo surgimento de vazios por trás do revestimento e, consequentes desmoraamentos; mudança da permeabilidade da formação; perda de isolamento ou colapso do próprio revestimento de produção.

Assim, visando à prevenção desses problemas e consequentemente a diminuição do número de intervenções durante a vida produtiva do poço, sistemas de controle e contenção de areia são empregados durante a completação.

Por isso, esta pesquisa tem por objetivo apresentar os conceitos de reservatórios inconsolidados, produção de areia e alguns dos métodos de contenção mais utilizados pela indústria do petróleo, como também apresentar suas vantagens e desvantagens.

2 FORMAÇÕES INCONSOLIDADAS E A PRODUÇÃO DE AREIA

Segundo Carlson *et al.* (1992), arenitos inconsolidados são as rochas mais propensas à produção de areia, que pode ocorrer logo no início do fluxo de fluido ou posteriormente, com o declínio da pressão da formação, dentre outros fatores. Cerca de 70% das reservas de petróleo do mundo fazem parte desse tipo de formação.

Conforme Zhou e Sun (2016), uma das características dos reservatórios compostos por formações inconsolidadas é a baixa profundidade (menor que 1800 metros, geralmente), além da baixa cimentação e porosidade normalmente superior a 25%. A cimentação influencia na resistência da rocha de maneira diretamente proporcional: quanto mais forte for a cimentação, mais resistente será a rocha. Ainda, o nível da cimentação depende do teor de cimento e de seus componentes, como exemplo, uma rocha cimentada por argila tem baixa resistência, enquanto que se o componente for cálcio a cimentação é forte, ou ainda mais forte se cimentada por silício. Com isso, a argila é o principal componente no cimento de uma rocha inconsolidada (raramente o cálcio).

Zhou e Sun (2016) mostraram a relação entre o teor de cimento, a porosidade e a qualidade da cimentação de uma rocha com um total de 32%

de poros (TABELA 1). Por meio da Tabela pode-se observar que a qualidade da cimentação melhora diretamente ao aumento do teor de cimento e inversamente a porosidade da rocha.

Tabela 1 – Relação entre teor de cimento, porosidade e cimentação

Total de Poros (%)	Teor de Cimento (%)	Porosidade (%)	Qualidade da Cimentação
32	< 5	27	Fraca
	5 até 14	18	Média
	14 até 20	12	Forte
	< 24	8	Muito forte

Fonte: modificada de Zhou e Sun (2016, p. 4).

Os arenitos inconsolidados podem ser classificados em três tipos: totalmente inconsolidados (sem agente cimentante; alta e constante produção de areia), parcialmente consolidados (com agente cimentante de fraca atuação; produção de areia moderada) e arenitos friáveis (com agente cimentante; com produção quando se inicia o fluxo, mas reduz com o passar do tempo). A cimentação influencia na consolidação de um arenito, reduzindo sua porosidade e permeabilidade, no entanto, quanto mais permeável for a formação, maior será seu potencial de produção de óleo e assim maior a produção de areia (SEGANTINE *et al.*, 2014).

Dessa maneira, o carreamento de areia para a coluna de produção e equipamentos de subsuperfície e superfície é um fenômeno natural em um poço com produção de petróleo e geralmente ocorre devido a velocidade de fluxo do fluido a ser produzido, ao nível de sedimentação e compactação da areia da formação. No entanto, esse carreamento de partículas sólidas, quando em grande escala, recebe a designação 'produção de areia', fenômeno que deve ser evitado a fim de manter a integridade do poço e não prejudicar o processo de extração do fluido (SOUZA *et al.*, 2014).

Em geral, existem três tipos distintos de produção de areia: transitória, contínua e catastrófica, como explica Massa (2012):

Transitória: produção comum que ocorre durante alguma intervenção (por exemplo, limpeza do poço após a perfuração ou acidificação), logo, temporária;

Contínua: advinda de formações não consolidadas, a areia é produzida de forma contínua em conjunto com o hidrocarboneto, sendo necessária a aplicação de algum sistema de controle, pois em algum momento ocorrerá a interrupção do fluxo de fluido; Catastrófica: é o caso mais grave de produção de areia; a produção elevada ocasiona perda ou redução drástica de produção do poço e interrupção da produção.

Com isso, a produção de areia, como destacada, pode ser resultado de engenharia de poço (perfuração, produção ou injeção, por exemplo) e pode ser evitada ou controlada por meio de métodos de contenção. Caso a operação de contenção não seja realizada de modo correto, a produção de areia tornar-se-á mais grave impedindo a progressão do campo de hidrocarboneto (ZHOU; SUN, 2016)

3 TÉCNICAS DE PREDIÇÃO DE PRODUÇÃO DE AREIA

São grandes os prejuízos causados por produção de areia em um poço, mas prever esse tipo de fenômeno não é uma tarefa fácil, pois envolve a junção de várias disciplinas como geologia, geomecânica, mecânica dos fluidos, engenharia de reservatório, dentre outras, para obter informações da formação e, ainda é preciso conhecer as características da formação produtora juntamente com a análise de desempenho de reservatórios próximos já conhecidos (CARLSON *et al.* 1992 e ZHOU; SUN, 2016). A composição da rocha, suas características geomecânicas, propriedades dos fluidos, pressão da formação, operações de perfuração, completação e produção são alguns dos fatores que influenciam no processo de produção de areia (ZHOU; SUN, 2016).

Por isso, existem alguns métodos para se obter informações do reservatório a fim de minimizar a margem de erro para a previsão do fenômeno, são eles: testes de formação - simulam a capacidade produtiva do poço e o que ocorrerá durante a sua

vida produtiva; testemunhagem - testes com o fluido são realizados no testemunho para conhecer o comportamento da formação durante a produção, identificar o agente cimentante, a permeabilidade, entre outros; perfilagem - determinar o melhor intervalo produtor para canhoneio e o diferencial de pressão máximo que a rocha pode sofrer. O conjunto de todas as informações obtidas permite a avaliação efetiva da formação, sendo importante também o acompanhamento do poço por toda a sua vida produtiva (THOMAS, 2001).

O gerenciamento do controle da produção de areia requer um projeto de poço detalhado que integre diferentes técnicas de completação, predição da taxa de produção de areia, monitoramento do poço, técnicas de elevação artificial que suportem o transporte das partículas bem como equipamentos de superfície que facilitem o seu manuseio (ZHOU; SUN, 2016).

4 SISTEMAS DE CONTENÇÃO DE AREIA

Segundo Carlson *et al.* (1992), adquiridas as informações sobre a formação e a predição de taxa de produção de areia, a sua limitação pode ser feita de duas formas: pela redução do diferencial de pressão reservatório-poço (a vazão de fluxo diminui a ponto das partículas sólidas não se soltarem da formação), ou pode-se canhonear e produzir em intervalos mais consolidados. Essas duas alternativas têm como ponto negativo a diminuição da produção de hidrocarboneto.

Existem dois tipos de técnicas de contenção de areia segundo Zhou e Sun (2016): a química e a mecânica. A primeira é pouco utilizada e aplica-se principalmente em formações de arenito fino. A segunda técnica tem sido desenvolvida cada vez mais e se tornado a mais empregada atualmente no controle da produção de areia e consiste, de modo geral, na aplicação de um filtro que retém ou dificulta a passagem da areia da formação para dentro do poço, evitando assim futuros gastos com intervenções (BARRETO, 2007). Atualmente existem vários métodos de contenção, sendo os principais: tubos ranhurados (ou rasgados), tela pré-empacotada, *gravel pack* e *frac pack*. A escolha do método de-

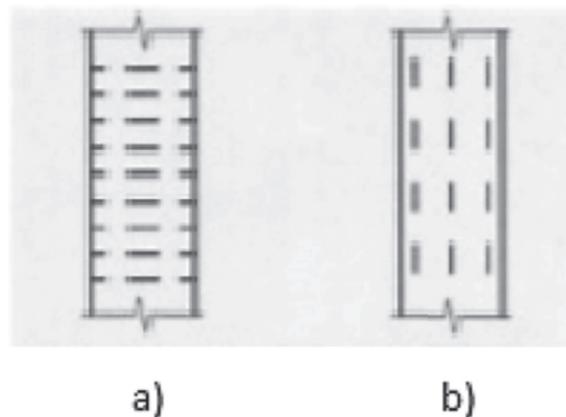
pende do cenário no qual será inserido, considerando o tipo de poços (vertical/ horizontal/ direcional), características da formação, vazão de fluido desejada, dentre outros (BARRETO, 2007).

4.1 TUBOS RASGADOS

Tubos rasgados, como o próprio nome já diz, possuem rasgos (ou ranhuras) e são adaptações em tubos convencionais feitas com ferramenta de alta precisão (laser, por exemplo). As ranhuras bloqueiam os grãos maiores de areia vindos da formação (cerca de 10%), estes por sua vez se acumulam no anular tubo-revestimento (ou tubo-formação) impedindo a passagem de partículas menores (90% restantes) (MARTINS, 2011). Os rasgos podem ser feitos no sentido vertical ou horizontal em relação ao eixo do tubo (FIGURA 1), no entanto, preferem-se os verticais uma vez que os horizontais causam maior diminuição da resistência à tração e compressão do tubo (MASSA, 2012). De acordo com Carlson *et al.* (1992), esse método é considerado um dos mais baratos na contenção de areia.

Assim, recomenda-se a sua utilização em formações com granulometria homogênea e baixa produtividade, pois as ranhuras são propensas a entupimento (plugueamento), restringindo o fluxo do fluido. A sua aplicação restringe-se a poços direcionais com alta angulação ou em poços com longos trechos canhoneados (MASSA, 2012).

Figura 1 – Tipos de ranhuras em relação ao eixo do tubo: a) horizontal; b) vertical



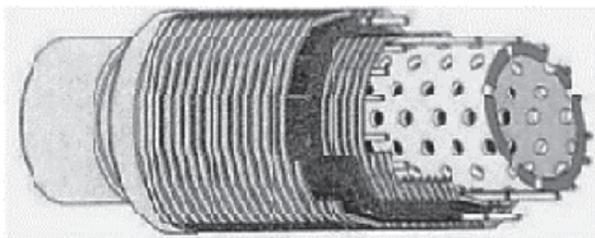
Fonte: modificada de Souza e outros autores (2014, p.36).

4.2 TELAS PRÉ-EMPACOTADAS

Telas pré-empacotadas consistem em dois tubos telados concêntricos (figura 2) com o espaço anular entre eles preenchido com areia ou cerâmica de granulometria pré-determinada (gravel) com boa porosidade e permeabilidade, resultando apenas em um pequeno diferencial de pressão (MARTINS, 2011). Esse método oferece melhor filtração de fluido produzido e melhor controle da movimentação das partículas quando comparado com o tubo rasgado, no entanto, sofre plugueamento por partículas mais finas (CARLSON *et al.* 1992)

Segundo Martins (2011), esse modelo é recomendável somente em poços com longos intervalos de produção e altamente desviados ou horizontais.

Figura 2 – Telas pré-empacotadas

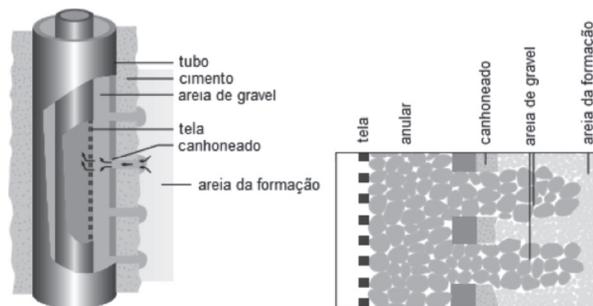


Fonte: Souza e outros autores (2014, p. 37).

4.3 GRAVEL PACK

Gravel Pack é o método de exclusão de areia mais difundido mundialmente, tem sido usado pela indústria petrolífera desde 1930, segundo Carlson *et al.* (1992). Consiste na descida de um conjunto de tela com um tubo rasgado até os intervalos produtores e bombeio de gravel para o fundo do poço com pressão suficiente para que se forme um pacote compacto. O gravel preenche os canhoneados e o anular tubo telado-formação (poço aberto) ou tubo telado-revestimento (poço revestido), tendo a função de conter as partículas sólidas da formação (a tela do tubo deve reter o gravel) (FIGURA 3). Com a função de agente de sustentação, o gravel, altamente permeável, impossibilita a movimentação das partículas da formação (BARRETO, 2007).

Figura 3 – *Gravel Pack* em poço revestido



Fonte: Carlson *et al.* (1992, p. 44).

Durante a instalação do *Gravel Pack* o fluido de carreamento injetado pode afetar a permeabilidade de formação e diminuir a produção, no entanto quando o gravel é alojado nos canhoneados esse possível dano é evitado ao passo que a presença do gravel aumenta o diferencial de pressão poço-formação e promove a produção do hidrocarboneto. É um mecanismo de contenção de areia de alto custo, porém é o mais efetivo para essa função, portanto, o mais operado. A viabilidade da sua aplicação deve ser analisada juntamente com a análise do comportamento do poço por meio de simuladores e predição da produção de areia (CARLSON *et al.* 1992).

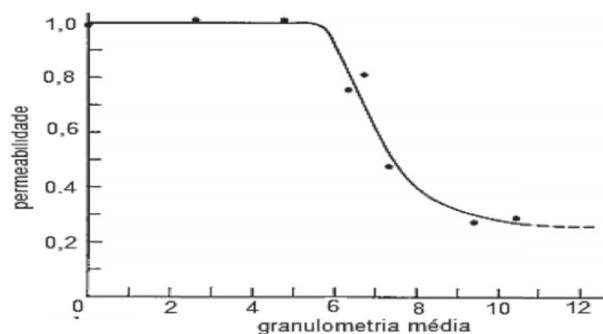
O dimensionamento desse método de contenção é de extrema importância para que não se permita a invasão de partículas finas no pacote-filtro de gravel, que pode reduzir a sua permeabilidade (MARTINS, 2011). Segundo Barreto (2007), o sistema pode ser dimensionado de várias maneiras, mas é preciso atenção pois a utilização de técnica não adequada prejudicará o sucesso da operação. A definição da granulometria da areia de gravel é um fator muito importante em um projeto de *gravel pack*, pois o gravel servirá como um agente de contenção da areia da formação com a menor interferência possível na produção do fluido.

Faz-se necessária então a análise da granulometria da areia da formação, geralmente por peneiras: amostras dessa areia passam por peneiras e são posteriormente separadas em grupos, pesadas e analisadas (CARLSON *et al.*, 1992). Caso as amostras da formação possuam alto teor de sedimentos e argila, deve-se primei-

ramente separar a areia da formação desses por meio de uma mistura de água e dispersante, secá-la e após esse processo a amostra passa pelas peneiras para a determinação a granulometria (GURLEY *et al.*, 1977).

O método de dimensionamento de gravel mais conhecido é o de Saucier (1974), que por meio de testes determinou que o tamanho médio do gravel deva ser até 6 vezes maior que o tamanho médio do grão de areia da formação, pois se ultrapassado esse valor o filtro de gravel será invadido pela areia da formação e sua permeabilidade será reduzida, afetando a produção do hidrocarboneto, como pode ser observado na Figura 4 (relação entre a granulometria do gravel e o dano a sua permeabilidade). Ainda, caso o gravel e a areia da formação possuam o mesmo tamanho, o dano ao filtro será insignificante, como também a produtividade do poço.

Figura 4 – gravel x permeabilidade



Fonte: Saucier (1974, p. 208).

A granulometria da formação pode variar em cada intervalo produtor do reservatório, logo um projeto de *gravel pack* em um poço com vários intervalos produtores o dimensionamento do gravel deve ser feito, levando-se em consideração a granulometria mais fina de areia da formação encontrada (SAUCIER, 1974).

Quando não se tem disponíveis amostras da formação para a realização do dimensionamento, recomenda-se utilizar a menor granulometria de gravel possível e que não afete a produtividade do poço (GURLEY *et al.*, 1977).

Depois de selecionado o gravel, o dimensionamento dos canhoneados deve ser feito,

levando-se em consideração as restrições do fluxo de gravel. A escolha dos fluidos utilizados na completação de reservatórios inconsolidados é muito importante, pois eles atuam no controle da pressão da formação e devem possuir algumas características como: capacidade de suspensão e transporte, baixa taxa de corrosão, compatibilidade com a formação e com outros fluidos, baixo teor de sólidos, dentre outros (GURLEY *et al.*, 1977).

Zhou e Sun (2016), listam algumas vantagens do *gravel pack* como: apesar de ser o mais custoso é o mais eficiente a longo prazo; é aplicável em longos intervalos e tem apresentado bons resultados de contenção em poços com grande produção de areia e areia fina. É a técnica mais eficiente em poços com alta angulação e poços horizontais (CARLSON *et al.* 1992). Quanto às desvantagens, segundo Chavez (2011): diâmetro do poço é reduzido devido aos tubos telados utilizados e caso aconteça algum problema, todo o conjunto do sistema deve ser removido para a intervenção; as telas podem sofrer corrosão e/ou erosão se a vazão de fluido for muito alta ou se estes forem corrosivos, além de serem muito sensíveis à obstrução por partículas muito finas comprometendo a vazão durante a vida produtiva do poço.

4.4 FRAC PACK

O *Frac Pack*, segundo Massa (2012), consiste na operação de fraturamento hidráulico (método de estimulação) seguida de *Gravel Pack*, sendo as duas operações realizadas de modo ininterrupto. O fraturamento hidráulico é a criação de fraturas na formação por meio da aplicação de elevado diferencial de pressão na rocha até a sua ruptura (SOUZA *et al.*, 2014). Fluido com propante é inserido nas fraturas para a sua sustentação, garantindo uma maior porosidade e permeabilidade para o fluxo do fluido, isso, no entanto, pode levar a produção de areia, sendo necessária a aplicação do *gravel pack*. Como desvantagens, o *frac pack* pode ocasionar depleção acelerada de capa de gás presente na formação e ainda o avanço do contato água-óleo para as fraturas, iniciando uma produção de água (MARTINS, 2011).

5 CONCLUSÃO

Pode-se afirmar então, que as rochas areníticas inconsolidadas são boas produtoras de hidrocarbonetos, no entanto apresentam a característica da não consolidação de partículas e, quando um poço perfurado nesse tipo de formação é posto em produção, os grãos de areia se desprendem do reservatório e são carregados para o poço juntamente com o fluxo de fluido. Esse fenômeno é denominado *produção de areia* e acarreta danos ao poço, equipamento de subsuperfície e superfície, prejudicando a viabilidade técnico-econômica do projeto de desenvolvimento da concessão, reduzindo desta forma a vida útil do poço.

Para a correção desses problemas são necessárias intervenções (manutenção no poço), mas essas são atividades de alto custo e podem não ser viáveis economicamente. Por isso, técnicas de predição de produção de areia são importantes para conhecer as características da formação e minimizar os riscos de danos, e de acordo com esses fatores, métodos de controle e exclusão de areia têm um papel fundamental na vida produtiva de um poço. Assim, o método de contenção de areia mais utilizado atualmente é o *Gravel Pack* que, como destacado, apesar de ser mais caro é o mais efetivo em longo prazo.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, Jhonathan Boechat; SILVA, Simone Vasconcelos; GUIMARÃES, Hamilton Jorge Souza; SILVA, Fernanda do Carmo; PAIXÃO, Camila Rangel da; NOGUEIRA, Lucimara Silva. **Elaboração de um projeto de gravel pack como sistema de contenção de areia em poços de petróleo: estudo de caso na bacia de campos - uma visão por gerência de projetos.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Foz do Iguaçu-PR, 2007.
- CARLSON e outros autores. Sand Control: Why and How? **Oilfield Review**, v. 4, n. 4, p. 41-53, 1992.
- CHAVEZ, Rafael Richie Lopez. **Ensaio em célula cúbica de grandes dimensões para estudo de medidas de contenção de sólidos em poços de petróleo.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- GURLEY, D.G.; COPELAND, C.T.; HENDRICK, J.O. Design, Plan, and Execution of Gravel-Pack Operations for Maximum Productivity. Society of Petroleum Engineers. **Journal of Petroleum Technology**, v. 29, p. 1259-1266, 1974.
- MARTINS, Rafael Gonçalves. **Controle da produção de areia em poços de petróleo brasileiros.** 2011. Monografia (Graduação em Engenharia de Petróleo) – Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2011.
- MASSA, Bianca Torres. **Análise de colapso de tubos base de contenção de areia.** 2012. Monografia (Graduação em Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- SAUCIER, R. J. Considerations in Gravel Pack Design. Society of Petroleum Engineers. **Journal of Petroleum Technology**, v. 26, p. 205-212, 1974.
- SEGANTINE, Edson de Jesus; PEREIRA, Fabio de Assis Ressel; JUNIOR, Jerônimo de Moura. Estudo do escoamento em um separador tubo-ciclônico de instalação no fundo de um poço de petróleo através da fluidodinâmica computacional. **Latin American Journal of Energy Research**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 54-64, jun. 2014.
- SOUZA, Augusto Cezar Correa de; VIVEIROS, Bruna Sanches. **Controle de produção de areia e seleção de gravel e tela.** 2014. Monografia (Graduação em Engenharia de Petróleo) – Universidade Estácio de Sá, Macaé, RJ, 2014.
- THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- ZHOU, Shouwei; SUN, Fujie. **Sand production management for unconsolidated sandstone reservoirs.** Singapore: John Wiley & Sons, 2016.

Recebido em: 27 de Julho de 2018
Avaliado em: 16 de Setembro de 2018
Aceito em: 16 de Setembro de 2018
