

11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ACIDIFICAÇÃO DE MATRIZ COMO UM MÉTODO DE ESTIMULAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO – ESTADO DA ARTE

AUTORES:

Iasmim Norberto Bezerra
Maria Gabrielle Rocha da Silva
Kássie Vieira Farias

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

ACIDIFICAÇÃO DE MATRIZ COMO UM MÉTODO DE ESTIMULAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO – ESTADO DA ARTE

Resumo

O escoamento de petróleo pode ser muito pequeno em função da permeabilidade das rochas reservatórios, exigindo a aplicação de métodos artificiais para o aumento da produtividade. Esses métodos são denominados de operações de estimulação de poços, que podem ser caracterizadas por um conjunto de técnicas utilizadas para obtenção de uma maior produção de um poço, através da criação de uma zona adjacente ao poço, na qual o movimento dos fluidos é facilitado através do aumento da permeabilidade do substrato ou redução da viscosidade dos fluidos. Sendo assim, as operações de estimulação podem ser altamente eficazes, aumentando consideravelmente as taxas de produtividade. Dentre as operações de estimulação mais utilizadas, pode-se destacar a acidificação de matriz, que consiste numa técnica de estimulação utilizada para remoção de dano e/ou aumento de permeabilidade em regiões localizadas a poucos metros ao redor do poço. Ocorre uma injeção de uma substância ácida na formação, substância essa com pressão inferior à pressão de fraturamento da formação, a fim de dissolver parte dos minerais presentes na sua composição mineralógica, aumentando ou recuperando a permeabilidade da formação ao redor do poço. Os ácidos clorídrico e fluorídrico são geralmente os mais utilizados. É importante ressaltar que a técnica de acidificação de matriz é efetiva em formações de permeabilidade de regular e boa, obviamente quando a restrição ao fluxo é causada por material solúvel em ácido. Para formações de baixas permeabilidades o mais indicado é o fraturamento. Os tratamentos com ácidos são variados: além dos tratamentos matriciais em carbonatos e arenitos, é possível efetuar a limpeza de canhoneados obstruídos, limpeza, lavagem de colunas de perfuração e produção. Com isso, este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o uso de acidificação de matriz como um método de estimulação de poços de petróleo.

Palavras-chave: acidificação de matriz, permeabilidade, método de estimulação, rochas reservatório.

Abstract

The oil flow can be very small due to the permeability of the reservoir rocks, requiring the application of artificial methods to increase productivity. These methods are called well stimulation operations, which can be characterized by a set of techniques used to obtain a higher production from a well, by creating a zone adjacent to the well, in which the movement of fluids is facilitated by increasing the permeability of the substrate or reducing fluid viscosity. Stimulation operations can therefore be highly effective, considerably increasing productivity rates. Among the most commonly used stimulation operations is matrix acidizing, which is a stimulation technique used to remove damage and/or increase permeability in regions located a few meters around the well. An acid substance is injected into the formation at a pressure lower than the formation fracturing pressure, in order to dissolve part of the minerals present in its mineralogical composition, increasing or recovering the formation permeability around the well. Hydrochloric and hydrofluoric acids are generally the most commonly used. It is important to note that the matrix acidizing technique is effective in formations of regular and good permeability, obviously when the flow restriction is caused by acid-soluble material. For low

permeability formations fracturing is best. The acid treatments are varied: besides matrix treatments in carbonates and sandstones, it is possible to carry out cleaning of clogged gunnels, cleaning, washing of drilling and production columns. With this, this paper presents a literature review on the use of matrix acidizing as a method of stimulation of oil wells.

Keywords: matrix acidizing, permeability, stimulation method, reservoir rocks.

Introdução

A utilização dos métodos de estimulação na indústria de petróleo e gás está associada a variadas técnicas que objetivam uma maior produção do poço por meio da criação de uma zona adjacente ao poço no qual o movimento dos fluidos é facilitado, restaurando ou melhorando o índice de produtividade ou injetividade dos poços. Independentemente do tipo de fluxo no reservatório, a parte do poço próxima à zona de produção pode ficar sujeita a outras diferenças de pressão provocadas por diferentes causas, alterando o fluxo de fluidos para a zona produtora (TAREK, 2006).

A estimulação é um conjunto de atividades que objetiva aumentar o índice de produtividade ou injetividade do poço. Os métodos mais eficazes de estimulação de poços empregados na indústria petrolífera, são: o fraturamento hidráulico (ácido), acidificação de matriz e lavagem ácida. (THOMAS, 2001).

A estimulação ácida é um método de intervenção amplamente utilizado na indústria de petróleo com o objetivo de restaurar ou mesmo aumentar a permeabilidade do reservatório, sobretudo nas regiões mais próximas do poço produtor (ANA e SIDNEY, 2017).

Operadores de petróleo e gás têm usado a acidificação de matriz para melhorar produtividade de poços por quase 120 anos. A acidificação antecede todas as outras técnicas de estimulação, incluindo fraturamento hidráulico que não foi desenvolvido até o final da década de 1940. No entanto, até o início de 1930, o emprego da acidificação de matriz foi limitado pela falta de inibidores de corrosão ácida eficazes para proteger as tubulares de aço nos poços. Com o desenvolvimento de inibidores de corrosão mais eficazes, o uso e desenvolvimento desta técnica de estimulação poços de petróleo e gás teve um elevado crescimento, levando ao estabelecimento da indústria de estimulação de poços (API, 2014). Atualmente, a acidificação é uma das técnicas mais amplamente utilizadas e eficazes disponíveis para melhorar a produtividade, sendo comumente realizada em novos poços para maximizar sua produtividade inicial e em poços antigos para restaurar produtividade e maximizar a recuperação de seus recursos (API, 2014).

No Brasil esta técnica vem sendo aplicada em poços do Pré-Sal visando melhorar a produtividade e a injetividade dos mesmos e remover o dano à formação. Como se sabe, o chamado Pós-Sal são as camadas compostas basicamente por arenitos, enquanto que o Pré-sal consiste nas camadas depositadas antes da camada de sal mais profunda, composta por rochas carbonáticas consolidadas. Esta mudança do tipo de rocha em que são realizadas as atividades de exploração e produção faz com que seja necessário ter uma maior atenção quanto aos métodos de produção.

Dentre os problemas relacionados à acidificação de matriz, pode-se destacar: a colocação correta do ácido em todo o intervalo alvo dentro do poço; corrosão de tubos e equipamentos; gerenciamento ambiental correto antes e depois de seu uso e transporte seguro.

Diante do que foi apresentado, este artigo tem como objeto realizar um estudo bibliográfico sobre o método de acidificação de matriz, destacando sua atuação, desafios e características que permitem a sua aplicabilidade neste cenário brasileiro e mundial.

Metodologia

Este artigo caracteriza-se por um estudo de levantamento bibliográfico. Para a realização deste levantamento, foram realizadas pesquisas por meio de livros, sites de buscas científicas de artigos, livros, dissertações e teses que tinham como tema a acidificação de matriz como um método de estimulação de poços de petróleo, com destaque para seus principais desafios e aplicações no Brasil e em outros países.

Desenvolvimento e Discussões

A acidificação de matriz é uma técnica de estimulação na qual é injetada uma solução ácida no reservatório para dissolver os componentes minerais da rocha reservatório e as substâncias oclusivas geradas no decorrer da perfuração, da completação do poço, nos trabalhos de intervenção e na produção, o que melhora e aumenta a permeabilidade do reservatório (WAN REPÚ, 2017). Um dos grandes desafios da acidificação de matriz é o controle da reação entre o ácido e a rocha, o que, consequentemente, controla o comportamento dos canais, que devido o controle desta reação irá proporcionar canais mais longos e alcançará uma maior distância radial do poço (SOUSA, 2015).

A depender das condições da formação e dos danos relacionados à mesma, podem ser utilizados solventes durante a injeção, ao invés de ácidos. A utilização do método de acidificação deve ser estudada, detalhadamente, antes da aplicação da técnica, uma vez que dependendo das características da formação, diferentes tipos de tratamento podem ser escolhidos (PINTO *et al* 2018).

A tecnologia de acidificação consiste em uma série de etapas e diferentes substâncias podem ser usadas antes ou depois de outras etapas para eliminar ou minimizar os subprodutos da reação ácida com rochas ou fluidos de formação. Estes estágios incluem *preflushes*, estágios ácidos principais, *afterflushes* e descarte de fluido. A etapa de *preflushes* precede a acidificação e tem por objetivo de condicionar a formação para que seja criada condições que favoreçam a reação (SILVA, 2017).

O Processo de Acidificação é classificado em três tipos: limpeza ácida, acidificação da matriz e acidificação da fratura. Na Tabela 1 apresenta a classificação e definição do processo de acidificação. Segundo Sousa (2015), em reservatórios de baixa permeabilidade, a injeção de ácido, a baixas vazões, é necessária para evitar o faturamento, vazões estas que podem provocar uma reação ácido-rocha nas proximidades do poço, consumindo o ácido antes de alcançar uma maior profundidade. A preparação dos fluidos para acidificação é extremamente delicada. Tendo em vista que cada poço tem

propriedades diferentes, é necessária a escolha minuciosa de cada aditivo. O aditivo, por sua vez, deve oferecer mais estabilidade ao fluido; evitar que o ácido cause corrosão aos equipamentos; controlar a reação dentro do reservatório; e evitar a formação de outros danos ao reservatório.

Tabela 1: Classificação e definição do processo de acidificação.

Limpeza Ácida	Acidificação da Matriz	Acidificação da Fratura
Uma pequena quantidade de solução ácida é injetada em seções pré determinadas para dissolver as escamas na parede ou as substâncias oclusivas nos canhoneados.	Uma solução ácida é injetada em um reservatório localizado próximo ao poço, a uma pressão menor que a pressão de colapso da formação, para dissolver as partículas e as substâncias bloqueantes no espaço dos poros, para ampliar esse espaço dos poros, para vizinhança do poço, o que restaura e aumenta a permeabilidade do reservatório e a produtividade do poço (REPÚ, 2017).	Uma solução ácida é injetada no reservatório, a uma pressão superior à pressão de colapso da formação ou à pressão de fechamento da fratura natural, de modo que fraturas são formadas no reservatório e a rocha na face da fratura é dissolvida, de forma irregular, pela reação da solução ácida nessa superfície, formando então uma fratura áspera.

Fonte: (REPÚ, 2017)

Tipos de ácidos associados a arenitos e carbonatos

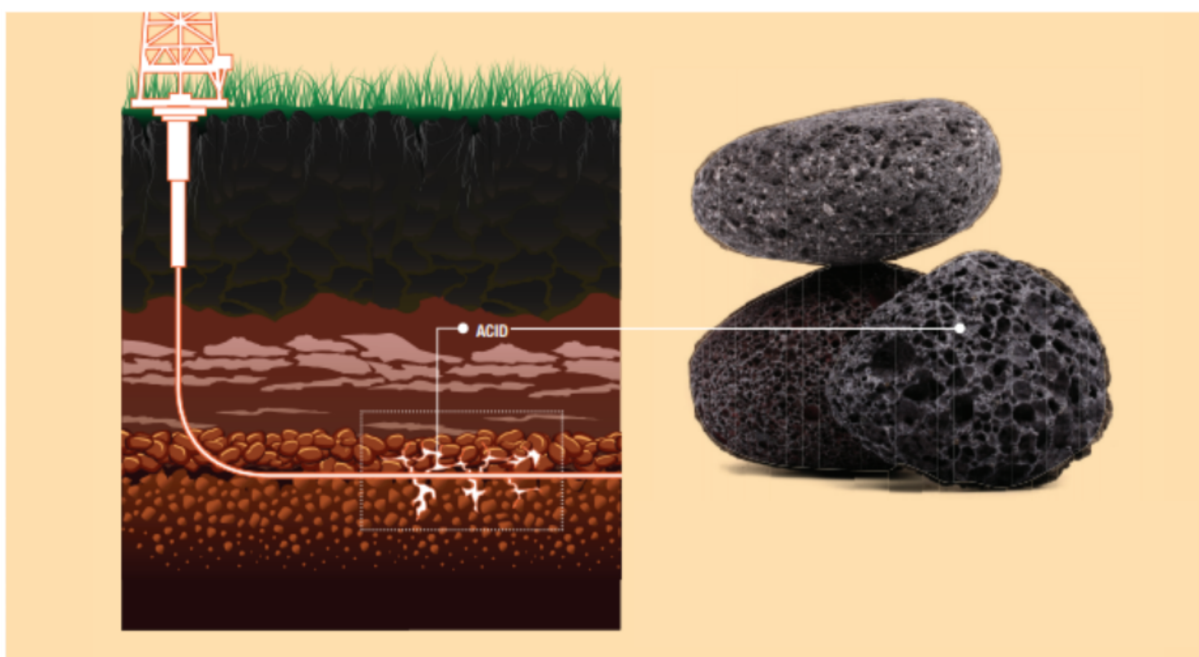
Segundo Wan Repú (2017), os ácidos mais utilizados para dissolver os minerais são HCl (ácido clorídrico) e HF (ácido fluorídrico). Outros aditivos são comumente utilizados em conjunto com o ácido, tais como: inibidor de corrosão (protege as tubulações e equipamentos expostos ao ácido); surfactante (para evitar a formação de emulsão O/A e retém ferrugem em solução); estabilizador de argila (previne que minerais argilosos sob ação de fluidos possam expandir-se, dispersar, migrar e bloquear as gargantas dos poros); aditivo de limpeza (o fluxo reverso de ácido gasto é acelerado com a ajuda da expansão de gás); redutor de fricção (é usado para reduzir a resistência de atrito unidirecional durante o escoamento do fluido no poço, diminuindo a pressão de operação); agente de tamponamento temporário (é utilizado para tamponamento dos poros do reservatório durante a acidificação de matriz, bem como para tamponamento dos canhoneados durante o fraturamento ácido).

O ambiente geológico em que os reservatórios estão inseridos, como se sabe, não é homogêneo, e sim uma mistura composta de diferentes mineralogias e impurezas, variando assim a sua composição, tal como arenitos e carbonatos. Portanto, a escolha dos ácidos e aditivos a serem utilizados dependerá do tipo de formação geológica e da permeabilidade da formação que determinará a pressão necessária

para bombear o ácido para a formação. É de suma importância conhecer o tipo de formação que está sendo acidificada e sua composição mineralógica para que se obtenha resultados positivos.

Em formações carbonáticas, a acidificação é um processo de estimulação com previsão de resultados mais difícil que a acidificação de formações areníticas, já que os fenômenos químicos e físicos são mais complexos. A estrutura dos *wormholes* depende de alguns fatores incluindo a geometria de fluxo, cinética da reação e as taxas de transferência de massa que ocorrem durante o processo. Sendo assim, a acidificação conta com modelos matemáticos que são calibrados com resultados de experiências em laboratórios (JOÃO e LUAN, 2018). O ácido é injetado na formação com pressão inferior à pressão de fratura da rocha para dissolver os minerais nela contidos e assim criar canais, chamados de *wormholes* para remover o dano e aumentar a permeabilidade ao redor do poço, fazendo com que os fluidos produzidos escoem para dentro do poço (Figura 1).

Figura 1 - Acidificação de Matriz em carbonatos



Fonte: API (2014) adaptado pelo site do API.

Para formações areníticas o objetivo é remover os danos causados pelos minerais ao redor do poço, tais como: bentonita, calcita, dolomita e quartzo e com isto recuperar a permeabilidade original da formação. A escolha do tipo, seleção e concentração depende dos minerais presentes na formação. De acordo com KALFAYAN (2000), o projeto básico para tratamento de arenito é dividido nas etapas apresentadas a seguir:

- 1º) *Preflush*: neste estágio se dissolve os carbonatos, além de empurrar o fluido da formação para atuação posterior do *mud acid* e preparar a formação reduzindo o pH, em torno de 15 % de HCl;
- 2º) *Mud Acid*: é o estágio de tratamento principal, atua dissolvendo o dano para aumentar a permeabilidade da região em volta do poço, em torno de 3% de HF e 12% de HCl;

3º) *Overflush*: neste estágio é feita a prevenção da precipitação secundária perto do poço, em torno de 3%-8% de NH_4Cl , 3%-5% de HCl em todos os poços seguidos por nitrogênio (poços de gás), querosene (poços de óleo) ou 5% de HCl (poços de injeção de água).

Algumas vezes, o “*overflush*” atua mais na inibição da precipitação do que no deslocamento, por isso nesses casos existe uma camada adicional chamada de “deslocamento”, cujo foco é empurrar o tratamento (ANA e SIDNEY, 2017).

Na Tabela 2 estão apresentados os tipos de ácidos e concentrações recomendadas para tratamento em carbonatos.

Tabela 2 - Tipos de ácido e concentrações recomendados para dissolução de carbonatos.

Acidificação realizada diretamente no canhoneio	Ácido acético a 5%
Acidificação realizada remover danos causados pelo canhoneio	Ácido fórmico a 9% Ácido acético a 10% HCl a 15%
Acidificação realizada em danos profundos	HCl a 15% HCl a 28% HCl emulsificado

Fonte: MCleod (1994) adaptado JOÃO e LUCAS (2018).

Conclusões

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o uso de acidificação de matriz como um método de estimulação de poços de petróleo e pôde-se concluir que este método é atualmente uma das técnicas de estimulação mais eficazes, aplicado quando há uma diminuição inesperada na permeabilidade no poço, para melhorar a produtividade, através da dissolução ácida de rochas produtoras contendo petróleo, facilitando o escoamento de fluido no sistema rocha-poço. É comumente realizada em novos poços para maximizar sua produtividade inicial e em poços antigos para restaurar produtividade e maximizar a recuperação de seus recursos. Portanto, a acidificação de matriz somente é efetiva em formações de permeabilidade regular e boa, quando a restrição ao fluxo é causada por material solúvel em ácido. Para formações com baixa permeabilidade, o mais indicado é o fraturamento hidráulico.

Referências Bibliográficas

- API; Acidizing: Treatment in Oil and Gas Operators. American Petroleum Institute. Digital Media | DM2014-113, 2014;
- FRICK, T.; MOSTOFIZADEH, B; ECONOMIDES, M. Analysis of Radial Core Experiments of Hydrochloric Acid Interaction With Limestones. In: International Symposium On Formation Damage Control. Paper SPE 27402. Lafayette: SPE, 1994;

11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

KALFAYAN, L. Production Enhancement With Acid Stimulation. Tulsa: Penn Well Corporation, 2000;

LEITE, João; SILVA, Luan. Estudo e Análise do Processo de Acidificação Matricial em Rochas Carbonáticas. Niterói, RJ. 2018;

MARONEZI, Lilian. Estudo de Inibidor de Corrosão Para Tratamento/Intervenção de Acidificação em Poços Onshore na Bacia do Recôncavo Baiano. Rio Oil & Gas Expo and Conference. ISSN 2525-7579. Rio de Janeiro. 2020;

PINTO, Camilla; ROCHA, Marcus; SOUTO, Sâmia; GOMES, Vanessa. Eficiência do HCl na Acidificação da Matriz Carbonática. Periódico: Ciências Exatas e Tecnológicas. V.5/n.1/p.95-102. Alagoas. 2018;

QUEIROZ, Ana; SILVA, Sidney. A Influência dos Tratamentos de Estimulação Ácida e Scale Squeeze Sobre o Índice de Produtividade de Poços Produtores. Niterói, RJ. 2017;

REPÚ, Wan. Engenharia de Completação de Poços. Editora: Interciência: 3ª edição, 2017;

SILVA, H.C. Acidificação em Reservatórios Carbonáticos. Niterói, RJ. 2017;

SOUSA, Talles. Aplicação de Nanoemulsão Ácida em Acidificação de Poços de Petróleo. Dissertação (Mestrado). Natal, RN. 2015;

TAREK, Ahmed. Reservoir Engineering Handbook. 3.ed. Houston: Elsevier, 2006;

THOMAS, E. José. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2001.