

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



TÍTULO DO TRABALHO:

Estudo das propriedades reológicas de fluido de perfuração: Uma revisão de literatura

AUTORES:

Anderson Marciel Pereira de Sales
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Estudo das propriedades reológicas de fluido de perfuração: Uma revisão da literatura

Abstract

Drilling fluids are produced from mixtures of liquid, solid and gaseous substances. These are applied in the drilling of wells in order to guarantee the integrity of the well, a better removal of gravels and among other essential aspects. For this, the fluid must have a series of chemical and physical properties and must be produced properly. The present work seeks to carry out a bibliographic survey on the production and study of the rheological properties of drilling fluids, also evaluating the impact of factors such as time and temperature on them. Based on this, fourteen works were selected that produced and studied the properties of drilling fluids and the influence of their additives, realizing that the change in the amount (by mass) of additives used impacts the properties of the fluids produced and that time and temperature are factors that affect them negatively, evidencing the need for monitoring and maintenance of fluids applied in drilling.

Introdução

Fluidos de perfuração são fluidos designados para percorrer o furo do poço durante a operação de perfuração. Eles são fabricados através de uma mistura de líquidos, sólidos, produtos químicos e até gases que, a depender do estado físico dos componentes, podem assumir características de suspensão, dispersão coloidal ou emulsão. A escolha ideal para um fluido de perfuração depende de vários fatores como a geologia da região onde é realizada a perfuração, ele deve apresentar características como remoção de cascalhos e de sólidos liberados durante a perfuração, estabilidade química e mecânica das paredes do poço; resfriar, estabilizar e lubrificar a broca; auxiliar no suporte do fluido de perfuração, fornecer uma pressão hidrostática contra a parede para evitar kicks e Blowouts e entre outros aspectos para garantir uma perfuração rápida e segura (FICK, 2015; SCHAFFEL, 2002; THOMAS et al., 2001).

As lamas de perfuração podem ser classificadas por meio da fase contínua utilizada para sintetizá-las, podendo ser separadas em: base de água, óleo, sintética e gás. Elas ainda podem ser divididas de acordo com a alcalinidade da fase fluida, dispersão e tipos de produtos químicos usados, sendo classificadas em lamas de água doce, lamas inibidas, lamas com baixo teor de sólido e emulsões (FERREIRA, 2003 apud RIBEIRO&SILVA, 2018; LYONS & PLISGA, 2004).

A composição dos fluidos à base de água depende diretamente das substâncias dissolvidas na água de reposição utilizada como base ou dos aditivos aplicados na fabricação dos fluidos que garantem suas propriedades ideais para a perfuração. Está água tem como principal função de fornecer a dispersão coloidal dos materiais como argilas e polímeros, garantindo um maior controle da viscosidade do fluido, limite de escoamento e entre outras propriedades (THOMAS et al., 2011 & HORST et al., 2011)

Os fluidos a base de óleo apresentam composição similares as lamas a base de água e são aplicados quando estas apresentam limitações perante a perfuração, sendo constituídos, geralmente, por hidrocarbonetos líquidos com adição de gotículas de alguma substância aquosa e sólidos coloidais para compor a fase dispersa. Embora sua eficiência e outras vantagens, não são tão aplicados devido ao alto custo e ao impacto ambiental atrelado a eles (THOMAS et al., 2001; SCHAFFEL, 2002).

Já os fluidos sintéticos, também chamados de pseudo-lamas à base de óleo, surgiram para lidar com as restrições das lamas a base de água com um impacto ambiental reduzido comparado as lamas a base de óleo, estes são mais caros que os oleosos, mas ainda se demonstram compensadores devido ao dano ambiental reduzido (SCHAFFEL, 2002).

Por fim, os fluidos à base de gás apresentam a presença de ar ou gás em sua composição. Apresentam baixas densidades e são recomendados em áreas com perda de circulação severa e formações com pressões muito baixas ou grande susceptibilidade a danos. Em resumo, este fluido de perfuração tem como objetivo estabilizar e carregar formações moles com rapidez e eficiência de sondagem. Além disso, é destacado quando o fluido é constituído por ar comprimido ou nitrogênio, a perfuração é limitada para poços que não apresentem grande quantidade de hidrocarbonetos ou água, devido ao risco de explosão (THOMAS et al., 2001; RIBEIRO & SILVA, 2018).

Desta forma, é reforçada a necessidade de estudar as propriedades dos fluidos de perfuração visando encontrar o que melhor se adequa às características do poço a ser perfurado. Neste quesito, estas propriedades podem ser divididas em propriedades físicas (comuns entre os fluidos), como massa específica e parâmetros reológicos, aqui dá-se destaque ao volume de filtrado, viscosidade aparente e plástica; e as propriedades químicas (específicas para diferenciar certos fluidos), como pH, alcalinidade e teores de cloreto e bentonita (THOMAS et al., 2011).

Com base a isso, o presente trabalho objetiva reunir um conjunto de pesquisas voltadas a análise das propriedades reológicas de fluidos de perfuração, abrangendo o estudo da síntese, envelhecimento e influência de parâmetros do poço sobre os fluidos estudados, assim, visando discutir os dados obtidos através de um levantamento bibliográfico e sugerir novas pesquisas na área de fluidos de perfuração.

Metodologia

O presente trabalho visou reunir um apanhado de estudos aplicados à análise das propriedades reológicas de fluidos de perfuração, englobando temas como síntese, influência de aditivos e envelhecimento das lamas.

Buscou-se reunir artigos e anais de eventos em língua portuguesa e inglesa que tratassem sobre o tema proposto, encontrando, ao todo, dezessete pesquisas relacionadas, sendo três delas posteriormente descartadas devido a uma má descrição de informação ou tema insatisfatório a revisão realizada. Em seguida, foi realizada uma análise dos dados fornecidos pelos trabalhos avaliados, com a finalidade de levantar algumas discussões sobre o tema proposto.

Resultados

A seguir, são apresentados os resultados obtidos através da revisão bibliográfica realizada.

Amorim et al. (2005) estudaram a influência do teor de sólidos, velocidade e tempo de agitação em fluidos de perfuração a base de água utilizando o planejamento fatorial. Os fluidos de perfuração foram sintetizados com água deionizada e diferentes concentrações de argila bentonítica (3; 4; 5,5; 7 e 8 %) com diferentes agitações (10000, 14000 e 17000 rpm) e tempos de agitações (7, 10, 15, 20 e 23 min) e postos em repouso por 24 horas em uma câmara úmida com umidade relativa de 100 %. Por fim, concluiu-se que a velocidade e grau de agitação não apresentam influência significativa nas propriedades dos fluidos e que, com o aumento da concentração de argila, houve um aumento das viscosidades aparente e plástica e uma redução do volume de filtrado. Ainda destaca-se que para as menores concentrações de argila, o fluido permaneceu dentro das determinações da norma PETROBRAS [1998].

Vidal et al. (2007) avaliaram a aplicação de polímeros catiônicos como inibidores de argila em fluidos de perfuração a base de água. Foram produzidas, além de uma lama sem inibidor para comparação, lamas com três diferentes polímeros (sendo um deles o mais comumente usado na indústria de petróleo) e dois diferentes sais (NaCl e KCl). Com base a isso, notaram que as propriedades não variam muito

entre si e em relação ao fluido branco, destacando que a presença dos polímeros catiônico não afeta significativamente a reologia dos fluidos de perfuração. Ainda detalham que a presença de inibidores junto aos sais geram uma redução considerável na taxa de inchamento linear de argilas hidrofilicas em comparação ao fluido sem inibidores.

Já a contribuição de polissacarídeos nas propriedades físico-químicas dos fluidos de perfuração aquosos foi analisado por Pereira et al. (2015). Eles avaliaram fluidos preparados com dois polímeros (goma xantana e goma guar solubilizados em água e em salmoura de NaCl (30.000 ppm) sob agitação constante por 24 h) na presença, ou não, de hidroxipropilamido. Com isso, salientaram que as gomas apresentam boas propriedades como modificadores reológicos, sendo que a goma guar demonstrou melhor desempenho em meio salino. E que, o hidroxipropilamido, não contribuiu significativamente para o aumento da viscosidade do fluido, mas funcionou como um bom redutor de filtrado.

Já Vale et al. (2015) realizaram um estudo influência do sal nas propriedades reológicas das lamas a base de água. Foram produzidos fluidos com diferentes concentrações de NaCl (2,61; 2,87; 3,12; 3,37; 3,62 e 4,00 %) e avaliadas as propriedades de acordo com a norma PETROBRÁS N-2605 [1998]. Com base a isso, foi percebido que, o aumento do teor causa um aumento nos parâmetros reológicos do fluido, até que, em 4 % de sal, passaram dos padrões estabelecidos pela norma.

A influência da NaCl no desempenho de fluidos de perfuração a base de olefina foi avaliado por Costa et al. (2017). Para isso, eles adicionaram a amostras de fluido de perfuração diferentes teores de sal sobre agitação, em seguida, estes foram submetidos a envelhecimento em um roller over por 16 h a 200°F, para que então, as propriedades fossem avaliadas. Com isso, analisaram que o NaCl age como sólido, aumentando a densidade e viscosidade plástica e diminuindo a estabilidade elétrica e o volume de filtrado. E que ainda, os efeitos da contaminação de fluido com esse sal são mais evidentes a partir de concentrações de 10%, mas que valores inferiores a este ainda necessitam de atenção.

As variações das propriedades reológicas com o tempo e a temperatura em fluidos de perfuração com biodiesel em sua composição foi tratada por Leal et al. (2019). O fluido foi sintetizado por meio de 100 gramas de biodiesel e bentonítica e as propriedades reológicas do fluido de acordo com a PETROBRÁS N-2605 [1988]. Em seguida, o fluido desenvolvido foi submetido a uma estufa rotativa roller oven para simular o efeito de envelhecimento do fluido nas condições de operação no poço. Foram usadas como temperatura de análise 30, 50 e 70°C submetidos a análises de 0 a 6 horas no forno. Como resultado, foi notada uma queda da massa específica, viscosidade aparente, viscosidade plástica e limite de escoamento com o aumento da temperatura e do tempo no forno. Percebendo que, ao tempo final de 6 horas no forno, as propriedades do fluido ficaram abaixo das recomendadas para fluidos de perfuração, reforçando a necessidade de monitoramento e manutenção das propriedades dos fluidos de perfuração.

Rocha; Melo; Souza (2019) desenvolveram uma pesquisa sobre as propriedades físicas e químicas de um fluido de perfuração desenvolvido com água produzida sendo a fase dispersante. Neste contexto, foram sintetizados quatro fluidos de perfuração: o primeiro com água encanada (usado como comparativo para os outros) e os outros produzidos com duas amostras de água produzida submetidas a filtração com diferentes meios filtrantes. Como resultado destas análises, foi observado que o uso da água produzida filtrada gerou uma redução na reologia dos fluidos, notado por uma menor viscosidade aparente, limite de escoamento e índice de consistência. Este fator decorre de uma maior taxa de cloretos e acidez das amostras de água produzida. Por fim, são levantadas como soluções a mistura de água doce durante a síntese do fluido ou converter o sistema para um fluido salgado tratado NaCl.

Santos et al. (2019), por meio de um planejamento fatorial 2^5 com 3 experimentos de ponto central analisaram a influência da quantidade de biodiesel e bentonítica em fluidos de perfuração, desta forma, foram formulados 45 lamas variando as quantidades de biodiesel, argila bentonítica, barita, água deionizada e emulsificante. Com base a isso, foi notado que o aumento de argila causa um aumento da densidade à base de água, mas que a temperatura e o tempo no forno provoca uma redução desta propriedade a níveis que podem ser críticos ao poço.

Silva; Gomez; Gouveia (2019) avaliaram as propriedades de fluidos de perfuração a base de água formulado de acordo com a norma API Spec 13/ISSO 13500. Foram realizados testes com diferentes quantidades de goma xantana (0; 5 e 2,5 g), NaCl (0, 105 e 150 g) e de bentonítica (15 e 18,75 g) para uma mesma quantidade de água (350 mL), buscando avaliar a influência dos aditivos nas propriedades dos fluidos produzidos. Por fim, os seguintes resultados foram obtidos: Os fluidos sintetizados se enquadram como não newtonianos com comportamento pseudoplástico; a goma xantana apresenta bom desempenho como modificador reológico e o sal realça positivamente a viscosidade plástica dos fluidos; uma maior quantidade de goma xantana fornece um maior limite de escoamento inicial e viscosidade plástica; enquanto que a bentonítica impacta mais significativamente no aumento da viscosidade aparente.

Silva et al. (2019) estudaram a influência da GX e do tween 80 nas propriedades de fluidos de perfuração hidroargilosos. Os fluidos não aditivados foram preparados de acordo com a norma PETROBRÁS N-2605 [1988], posteriormente aditivados com diferentes quantidades de GX (1 e 3 g) e de Tween 80 (0,0291; 0,2037; 0,4365 e 0,6111 g) e envelhecidos por 16 horas a 90°C em uma estufa roller oven. Foi obtido como resultado que para o acréscimo de Tween 80, houve um aumento da viscosidade aparente, plástica e volume de filtrado. Todos os fluidos produzidos com 3 gramas de GX e o produzido com 1 grama de GX e 0,6111 gramas de Tween 80 satisfazem os especificados pela norma PETROBRÁS N-2604 [1988]. No entanto, o acréscimo de GX prejudicou a quantidade de volume de filtrado conforme se aumenta a quantidade de Tween 80.

Vale, Garnica, Curbelo (2019) realizaram o estudo das propriedades reológicas de um fluido de perfuração a base de água utilizando alguns aditivos como GX (goma xantana), HP-amido, NaOH, argila ativada e entre outros. Com o fluido desenvolvido foram realizadas as análises com base descrito na norma PETROBRÁS N-2605 [1988] e a variação da tensão superficial em função da taxa de cisalhamento por meio do modelo Herschell - Buckley. Obtendo, por fim, que as propriedades estudadas estão dentro dos requeridos pela norma PETROBRÁS N-2604 [1988] e que este é classificado como plástico real, além de que, o modelo usado apresentou resultado satisfatório no estudo reológico do fluido.

Cheraghian (2021) realizou uma revisão bibliográfica estudando como NPs (nanopartículas) poliméricas, cerâmicas, metálicas e a base de carbono podem ser incorporadas a fluidos de perfuração e que benefícios elas trazem aos mesmos, abrangendo um total de 31 trabalhos sobre o tema avaliado. Com base a estes, é destacado que as NPs melhoram a tolerância do fluido ao calor, as características de filtração e a suscetibilidade de seus parâmetros reológicos. O incremento das NPs melhoram as propriedades mecânicas das lamas, perda de filtro, resistência a compressão, propriedades térmicas e reológicas dos fluidos. Ainda é destacado que, fluidos a base de NPs podem evitar problemas de instabilidade durante a perfuração, valores altos de volume de filtrado, aderência dos tubos e inchamentos de xisto, além de serem uma possível solução de perfuração em condições difíceis como xisto sensível à água. Além disso, NPs podem ser uma ótima alternativa ambiental de materiais aplicados na produção de fluidos de perfuração.

Agi et al. (2022) avaliaram o desempenho da nanossílica derivada de agro-resíduos, neste caso, da casca de arroz como agente para o tratamento da perda de circulação em lamas à base de água, avaliando a capacidade do mesmo afetar as propriedades reológicas do fluido. Foram utilizadas diferentes concentrações do RH-SNP (nanossílica de casca de arroz) (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 % em peso) a uma temperatura de 80° e 250°F. Foi notado que o uso de RH-SNP melhorou as propriedades reológicas dos fluidos preparados. A viscosidade plástica do fluido de perfuração aumentou de 100 a 300 por cento com o acréscimo de RH-SNP podendo gerar melhor movimentação do fluido e limpeza efetiva do fluido. Em questão a perda de filtrado, a nanossílica provocou uma redução de até 50 por cento para ambas as temperaturas de análise, fator vantajoso considerando a vedação de poros e a mitigação da circulação perdida. Além disso, o acréscimo de RH-SNP gerou uma redução da perda de lama de cerca de 90%. Logo, é destacado que o RH-SNP é uma boa escolha para melhora no desempenho de fluidos de perfuração.

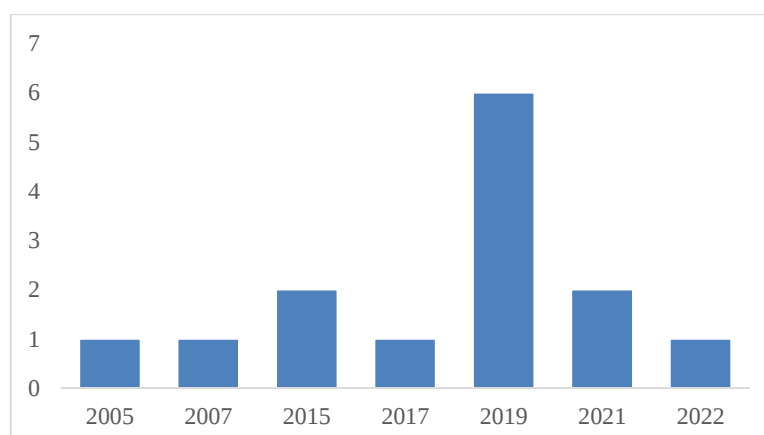
Por fim, Li et al. (2022) analisaram a produção de um novo fluido de perfuração a base de água com nanopartículas de laponita e derivados de polissacarídeos/polipeptídeos. O trabalho desenvolvido apresentou um fluido de perfuração, no qual todos os aditivos eram de matéria natural ou naturais modificados, com estabilidade térmica até 150°C apresentando propriedades de filtração, reológicas e inibidoras satisfatórias. O fluido apresentou características não tóxicas e biodegradáveis, não havendo metais pesados em sua composição e ainda permitindo o crescimento de plantas como o trigo. O polímero formado pela lama pode tampar e estabilizar o poço e o modelo reológico que o fluido mais se adequou foi o modelo de Herschel-Bulkley.

Discussões

Os trabalhos avaliados englobaram fluidos de perfuração a base de água e óleo visando sintetizar fluidos, estudar a influência de aditivos em suas propriedades e avaliar o efeito do envelhecimento sobre os mesmos. Com base a isso, é notado a importância de estudos voltados a análise das propriedades reológicas dos fluidos, já que fatores como a concentração de aditivos e o envelhecimento afetam significativamente as mesmas, podendo afetar a integridade do poço e colocar em risco equipamentos e a segurança dos trabalhadores.

A figura 1 aborda sobre os anos de publicação dos trabalhos avaliados, destacando que a maior concentração destes está nos últimos sete anos, ocorrendo um pico no ano de 2019. Este acontecimento pode estar associado a eventos que ocorreram nesta área, no demais, não se encontrou outros possíveis motivos justificáveis para este fenômeno.

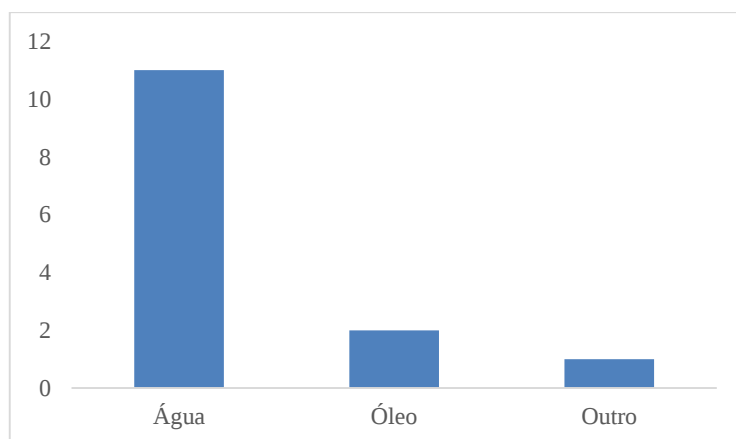
Figura 1 – Número de trabalhos publicados encontrados por ano.



Fonte: Autoria Própria.

Como mostrado na figura 2, é notado um maior acúmulo de trabalhos relacionados a fluidos de perfuração à base de água, havendo apenas dois dos catorze trabalhos apresentados neste estudo sendo referentes a fluidos a base de óleo e um para outros, sendo esta a revisão realizada por Cheraghian (2021) que abrange diferentes tipos de fluidos. Este fator pode ser relacionado ao menor custo na produção deste tipo de fluido e menor dano causado ao meio ambiente devido ao seu uso, característica muito visada atualmente.

Figura 2 – Número de trabalhos que estudou cada fase dispersante.



Fonte: Autoria própria.

Em questão aos resultados obtidos pelos trabalhos analisados, é notado que os aditivos usados para sintetizar os fluidos apresentam influência significativa sobre os parâmetros reológicos dos mesmos e, em quantidades indesejáveis, podem vir a apresentar desvios nas propriedades desejadas das lamas, como apresentado nas pesquisas de Amorim et al. (2015), Silva et al. (2019) e outros autores.

Ainda pode ser destacado o estudo de nanopartículas na produção de fluidos de perfuração como os realizado por Cheraghian (2021), Agi et al. (2022) e Li et al. (2022), sendo está uma área que tem se mostrado muito promissora em questão a produção de lamas de boa performance e ambientalmente corretas.

Outro fator importante é o envelhecimento do fluido, já que, como estudado por Leal et al. (2019), os fluidos têm suas propriedades reológicas reduzidas ao longo do processo de perfuração, o que afetar tanto sua eficiência, quanto a integridade do poço, podendo assim, colocar a segurança dos trabalhadores e equipamentos em riscos severos. Desta forma, destaca-se a necessidade de monitoramento e manutenção do mesmo durante a operação.

Conclusões

De acordo com o que foi tratado no presente trabalho, pode-se concluir que o estudo das propriedades reológicas são de vital importância para a perfuração de poços, já que estes garantem propriedades únicas ao processo e evitam fenômenos indesejáveis durante a perfuração.

Foi observado que a maior parte dos trabalhos é direcionada a fluidos de perfuração a base de água, fator que provavelmente está associado a seu menor custo de produção e impacto ao meio ambiente. Ainda,

é notado que a maioria dos trabalhos visa avaliar a influência de determinados aditivos na confecção dos fluidos de perfuração e como estes impactam em suas propriedades, buscando assim quantificar limites para adição destes aditivos sem afetar o processo de perfuração.

Desta forma, é destacada a influência significativa que os aditivos têm sobre os parâmetros reológicos dos fluidos de perfuração, reforçando assim a necessidade de estudar e entender o impacto deles na produção e operação destas lamas visando um processo de perfuração mais efetivo e ambientalmente favorável. Neste contexto, dá-se destaque a fluidos que utilizam nanopartículas como aditivos, gerando uma melhora significativa de suas propriedades reológicas e um impacto reduzido ao meio ambiente.

Além disso, é salientado que o efeito de envelhecimento afeta muito negativamente as propriedades das lamas de perfuração, logo, é reforçada a importância de manutenção e monitoramento do fluido de perfuração para evitar efeitos indesejados que possam vir a pôr em risco a integridade do poço e a vida dos trabalhadores.

Por fim, é notado a importância dos trabalhos como os avaliados neste estudo, já que para uma segura e eficiente perfuração de um poço deve ser escolhido o fluido de perfuração adequado. Desta forma, o presente trabalho incentiva mais estudos nessa área, buscando gerar um melhor entendimento sobre a síntese dos fluidos de perfuração, a influência de aditivos em suas propriedades reológicas, especialmente fluidos produzidos com nanopartículas, e como contornar os efeitos de envelhecimento para garantir maior uso e rentabilidade aos fluidos.

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de P, D & I da Resolução ANP nº 50/2015.

Referências Bibliográficas

AGI, Augustine, et al. Performance evaluation of nanosilica derived from agro-waste as lost circulation agent in water-based mud. **Petroleum Research**, 2022.

AMORIM, Luciana Viana et al. Estudo reológico de fluidos de perfuração à base de água: influência do teor de sólidos, velocidade e tempo de agitação. **Águas subterrâneas**, v. 19, n. 1, p. 75-85, 2005.

COSTA, Anna Carolina Amorim et al. Influência da adição de NaCl no desempenho de fluidos de perfuração a base de olefina. **Anais da 9º PDPETRO**, Maceió - AL, 2007.

CHERAGHIAN, Goshtasp. Nanoparticles in drilling fluid: A review of the state-of-the-art. **Journal of Materials Research and Technology**. Volume 13, p. 737-753, 2021.

FINK, Johannes Karl. **Water-Based Chemicals and Technology for Drilling, Completion, and Workover Fluids**. Waltham, MA: Gulf Publishing Co.; 2015.

GUIMARÃES, Ian Barros; ROSSI, LF dos S. Estudo dos constituintes dos fluidos de perfuração: proposta de uma formulação otimizada e ambientalmente correta. **Anais da 4º PDPETRO**, Campinas - SP, 2007.

LEAL, Elba Gomes Dos Santos et al. **Variação das propriedades de um fluido de perfuração com biodiesel com o tempo e a temperatura.** In: ANDRADE, Davilson Eduardo (org.). Belo Horizonte - MG: Editora Poisson, 2019. p. 32-38.

LI, Xin-Liang et al. A new environmentally friendly water-based drilling fluids with laponite nanoparticles and polysaccharide/polypeptide derivatives. **Petroleum Science**, 2022.

LYONS, William C.; PLISGA Gary J. **Standard handbook of petroleum and natural gas engineering.** 2 ed. Burlington, MA: Gulf Publishing Co.; 2011.

PEREIRA, Bruna H. A. et al. Contribuição dos polissacarídeos nas propriedades físico-químicas de fluidos de perfuração aquosos. **Anais da 8º PDPETRO**, Curitiba - PR, 2015.

RIBEIRO, Luma Gonçalves; SILVA, Fernanda Souza. **Aspectos práticos e essenciais dos fluidos de perfuração na indústria do petróleo.**

ROCHA, Cynde Bevenuto Da; MELO, Klismeryane Costa De; SOUZA, Maria Cileide De. Avaliação das propriedades físico químicas de fluidos de perfuração formulados com água produzida. **Anais da 10º PDPETRO**, Natal - RN, 2019.

SANTOS, E. G. et al. Influência da quantidade de biodiesel em um fluido de perfuração e determinação de suas propriedades. **Anais da 9º PDPETRO**, Maceió - AL, 2007.

SCHAFFEL, Silvia Blajberg. **A Questão ambiental na etapa de perfuração de poços marítimos de óleo e gás no Brasil.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, 2002.

SILVA, Alisson Ruan De Moraes et al. **Análise da influência da goma xantana e do tween 80 na viscosidade e no volume de filtrado de fluidos de perfuração hidroargilosos.** In: ANDRADE, Davilson Eduardo (org.). Belo Horizonte – MG: Editora Poisson, 2019. p. 25-31.

SILVA, Thiago Hugo Soares Da, GOMES, Vanessa Limeira Azevedo, GOUVEIA, Lucas Pereira De. Análise das propriedades do fluido de perfuração à base água utilizando goma xantana. **Anais da 10º PDPETRO**, Natal - RN, 2019.

THOMAS, José Eduardo et al. **Fundamentos de engenharia de petróleo.** Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2001.

VALE, Mariana Martins Do et al. Estudo do efeito da concentração do sal nas propriedades reológicas de um fluido de perfuração à base de água. **Anais da 8º PDPETRO**, Curitiba - PR, 2015.

VALE, Mariana Martins Do; GARNICA, Alfredo Ismael Curbelo; CURBELO, Fabiola Dias Da Silva. **Obtenção e estudo reológico de um fluido de perfuração à base de água.** In: ANDRADE, Davilson Eduardo (org.). Belo Horizonte – MG: Editora Poisson, 2019. p. 17-24.

VAN DER HORST, Peter Marten. **Use of CMC in drilling fluids.** US Patent 7939469, Assigned: Dow Global Technologies LLC; 2011.

VIDAL, Emanuella Layne Ferreira et al. Aplicação de novos polímeros catiônicos como inibidores de argila em fluidos de perfuração à base de água. **Anais da 4º PDPETRO**, Campinas - SP, 2007.