

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Avaliação do efeito da concentração de quebrador nas propriedades de géis de fraturamento hidráulico à base de glicerina bruta

AUTORES:

Maria Helena Lima da Silva, Keila Regina Santana

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE QUEBRADOR NAS PROPRIEDADES DE GÉIS DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO À BASE DE GLICERINA BRUTA

Resumo

A necessidade de investimento no aumento da produtividade dos reservatórios das companhias petrolíferas é uma realidade. Diante disso, um dos processos utilizados é o fraturamento hidráulico, que tem por objetivo promover a ruptura da rocha reservatório, originando caminhos preferenciais. O fluido de fraturamento ideal deve formar reboco nas faces da fratura para diminuir sua perda e simultaneamente minimizar o dano ao “pacote” do agente de sustentação e faces da fratura. Um grande problema existente relacionado aos fluidos de fraturamento trata-se da presença de resíduos insolúveis, causadores da redução da permeabilidade do fluxo de óleo na formação. Diante disto, buscou-se desenvolver um novo fluido de fraturamento incorporando a glicerina bruta nos géis, esta que é um subproduto do processo de produção de biodiesel pela transesterificação de óleos e gorduras. Com o intuito de reaproveitar o coproduto dessa reação e contribuir com a economia circular, o presente trabalho teve como objetivo formular um gel de fraturamento hidráulico utilizando a glicerina bruta e avaliar a influência da concentração de quebrador de gel (persulfato de amônia) nas propriedades (viscosidade aparente e turbidez) destes. Para tal, foi utilizado um planejamento fatorial de 3^3 , com três níveis e três variáveis para avaliar a interação dos parâmetros utilizados (concentração de glicerina bruta (10%, 20% e 30%), concentração de persulfato de amônia (10%, 20% e 30%), e temperatura (25°C, 50°C e 75°C). Os hidrogéis foram preparados em diferentes concentrações de glicerina em um agitador Hamilton Beach. As viscosidades aparentes dos géis submetidos a diferentes tipos e concentração de quebradores e temperatura foram determinadas em um viscosímetro rotativo e a turbidez foi realizada em um equipamento de turbidímetro, com o intuito de comprovar a quebra do polímero. Para o tratamento dos dados, o programa estatístico *Statistica Software* versão 8.0 foi utilizado para obtenção dos efeitos, diagrama de pareto e as superfícies de respostas. Por meio dos resultados, foi possível observar que a viscosidade aparente não sofreu influência significativa dos parâmetros avaliados dentro dos intervalos utilizados. Por outro lado, no que se refere a turbidez, observou-se que o menor valor de turbidez foi obtido para a maior concentração de persulfato de amônia (30%) e para a maior temperatura avaliada (75°C), condição esta favorável para um gel de fraturamento hidráulico. Concluiu-se, portanto, que a glicerina atuou de forma a intensificar o grau de entrelaçamento das cadeias poliméricas, tornando o gel mais estável linearmente e mostrando potencial para atuar no fraturamento hidráulico.

Palavras-chave: Fraturamento hidráulico, glicerina bruta, biodiesel.

Abstract

The need for investment in increasing the productivity of oil companies' reservoirs is a reality. Therefore, one of the processes used is hydraulic fracturing, which aims to promote the rupture of the reservoir rock, creating preferential paths. The ideal fracturing fluid should form plaster on the fracture faces to decrease fracture loss and simultaneously minimize damage to the supporting agent “package” and fracture faces. A major problem related to fracturing fluids is the presence of insoluble residues, which cause a reduction in the permeability of the oil flow in the formation. Given this, we sought to develop a new fracturing fluid incorporating crude glycerin into gels, which is a by-product of the biodiesel production process through the transesterification of oils and fats. With the aim of reusing the

co-product of this reaction and contributing to the circular economy, the present work aimed to formulate a hydraulic fracturing gel using crude glycerin and evaluate the influence of the concentration of gel breaker (ammonium persulfate) on the properties (apparent viscosity and turbidity) of these. To this end, a 3³ factorial design was used, with three levels and three variables to evaluate the interaction of the parameters used (concentration of crude glycerin (10%, 20% and 30%), concentration of ammonium persulfate (10%, 20 % and 30%), and temperature (25°C, 50°C and 75°C). The hydrogels were prepared in different concentrations of glycerin in a Hamilton Beach shaker. and temperature were determined in a rotary viscometer and turbidity was measured in a turbidimeter equipment, in order to prove the breakdown of the polymer. For data processing, the statistical program Statistica Software version 8.0 was used to obtain the effects, diagram. Pareto and response surfaces. Through the results, it was possible to observe that the apparent viscosity was not significantly influenced by the parameters evaluated within the ranges used. On the other hand, with regard to turbidity, it was observed that the lowest value. of turbidity was obtained for the highest concentration of ammonium persulfate (30%) and for the highest temperature evaluated (75°C), a favorable condition for a hydraulic fracturing gel. It was concluded, therefore, that glycerin acted to intensify the degree of intertwining of the polymer chains, making the gel more linearly stable and showing potential to act in hydraulic fracturing.

Keywords: Hydraulic fracturing, crude glycerin, biodiesel.

Introdução

O biodiesel é um biocombustível proveniente do processo de transesterificação que faz uso de fontes vegetais ou animais para obter o produto (AHTAR *et al.*, 2023). A reação fornece como subproduto a glicerina bruta, um coproduto considerado valioso comercialmente, podendo ela ser diretamente utilizada ou modificada para outras aplicações, uma vez que a quantidade gerada deste subproduto é altamente significativa. Entretanto, apesar da sua utilização em outras áreas como nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos, ainda há o estímulo para destinar a glicerina para outros fins devido a sua abundância (TAMBUN, *et al.*, 2024 e MILLI, *et al.*, 2011).

O fraturamento hidráulico é um método de estimulação de poços altamente importante para melhorar a produção de hidrocarbonetos. Através da injeção de um fluido a alta pressão, ocorre a formação de fraturas nas rochas, elevando a área de contato e permitindo que haja uma maior produtividade de petróleo e gás na região (SUN *et al.*, 2024).

O gel de fraturamento hidráulico é um fluido utilizado para romper a rocha, que deve possuir a característica de ser facilmente quebrado ao final do bombeio. As soluções à base de polímeros são amplamente utilizadas para formar este gel, em virtude de as baixas concentrações de polímero promoverem uma elevada viscosidade do gel (CAVALCANTE, *et al.*, 2017).

Baseado no exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da concentração de quebrador nas propriedades de géis de fraturamento formulados com a utilização da glicerina bruta.

Metodologia

Preparo dos géis reticulados

Os géis poliméricos (Tabela 1) foram preparados em um agitador Hamilton Beach, adicionando sequencialmente todos os aditivos. Os aditivos foram incorporados ao fluido em intervalos de 10 minutos e, posteriormente, o processo de reticulação foi concluído com a adição de 1 ml de hidróxido de sódio (8 M).

Tabela 1 – Formulação do hidrogel base.

Aditivo	Concentração
Água (%)	90, 80 e 70
Glicerina Bruta (%)	10, 20 e 30
HPG (lb/bbl)	3
KCl (lb/bbl)	10
H ₃ BO ₃ (lb/bbl)	1
NaOH 8 M (ml)	1

Fonte: Autoria própria.

Quebra dos géis reticulados

Os géis preparados foram submetidos as temperaturas de 25°C, 50°C e 75°C na presença de persulfato de amônia ((NH₄)₂S₂O₈) nas concentrações de 10%, 20% e 30%, em função da cinética do tempo. A eficiência de quebra foi avaliada com base na massa restante de polímero (g) e na redução da viscosidade para valores próximos de 10 cP (ZAMORA *et al.*, 2010).

Determinação do grau de turbidez das amostras

De acordo com a literatura, a turbidez representa a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade da amostra selecionada. Essa medição é feita com o turbidímetro, que compara o espalhamento de um feixe de luz ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez da amostra. Dessa forma, o teste de turbidez foi realizado em um equipamento de turbidímetro, da marca Policontrol, com o intuito de comprovar a quebra do polímero de GG no meio após sua quebra. O grau de turbidez foi medido com base em uma curva de calibração de concentração previamente conhecida (NTU).

Determinação da viscosidade aparente dos géis pós-quebra

As viscosidades aparentes dos géis submetidos a diferentes tipos e concentração de quebradores e temperatura foram determinadas em um viscosímetro rotativo da FANN, modelo 35 A, combinação de R1-B1 e mola de torção F1. A análise reológica de cada gel foi realizada na rotação de 600 rpm e, posteriormente, a viscosidade aparente (VA) foram determinadas, conforme a norma API.

Parâmetros analisados

Foi realizado um planejamento fatorial de 3^3 , com três níveis e três variáveis (mínimos (-1), intermediários (0) e máximos (+1)), para avaliar a interação da concentração de glicerina, concentração de persulfato e temperatura, tendo como variáveis de resposta a viscosidade aparente e a turbidez.

Tabela 2 – Intervalo de análise dos parâmetros avaliados.

Parâmetro	Valor mínimo (-1)	Valor intermediário (0)	Valor máximo (1)
Concentração de glicerina bruta (%)	10	20	30
Concentração de persulfato de amônia (%)	10	20	30
Temperatura (°C)	25	50	75

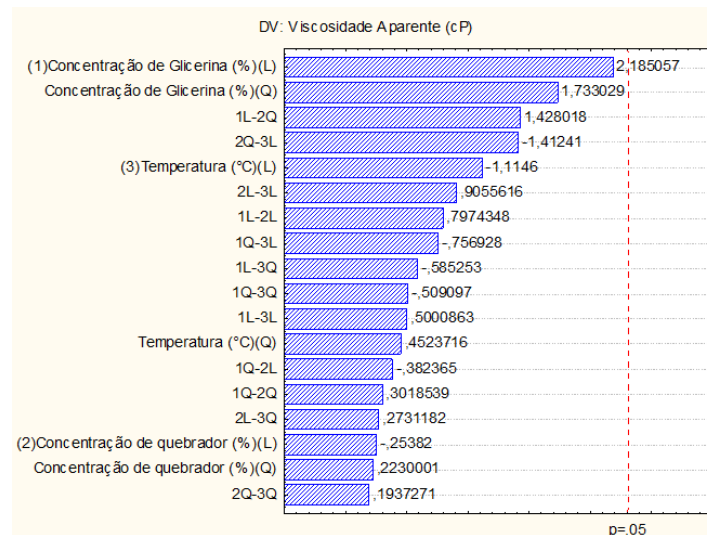
Fonte: Autoria própria.

Para o tratamento dos dados, foi utilizado o programa estatístico *Statistica Software versão 8.0* para obtenção dos efeitos, diagrama de pareto e as superfícies de respostas.

Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra o diagrama de Pareto para se observar a sensibilidade das propriedades reológicas dos géis em relação aos intervalos dos parâmetros avaliados.

Figura 1 – Diagrama de Pareto: Viscosidade Aparente.

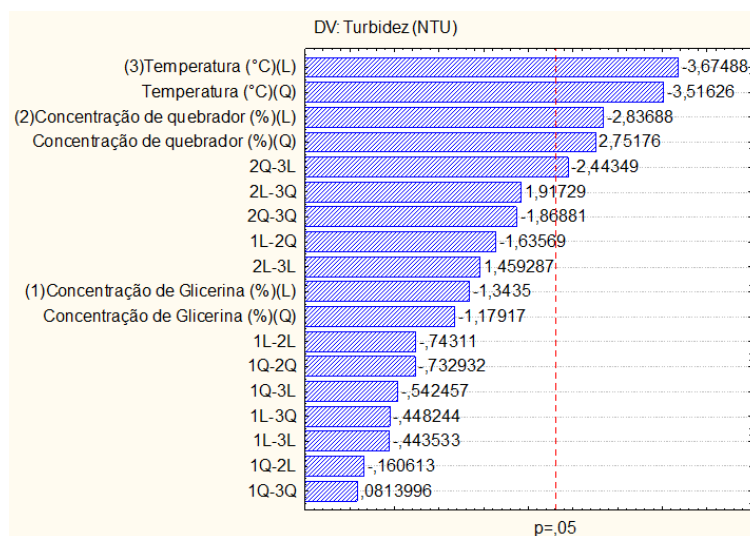


Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Figura 1, foi possível observar que nenhum parâmetro obteve significância, uma vez que os valores obtidos não ultrapassaram a linha de significância. Dessa forma, a variação na concentração de glicerina, persulfato e temperatura não interferiu na viscosidade aparente no intervalo de estudo avaliado.

A Figura 2 mostra o diagrama de Pareto que avalia a sensibilidade da turbidez dos géis em relação aos intervalos dos parâmetros avaliados.

Figura 2 – Diagrama de Pareto: Turbidez.

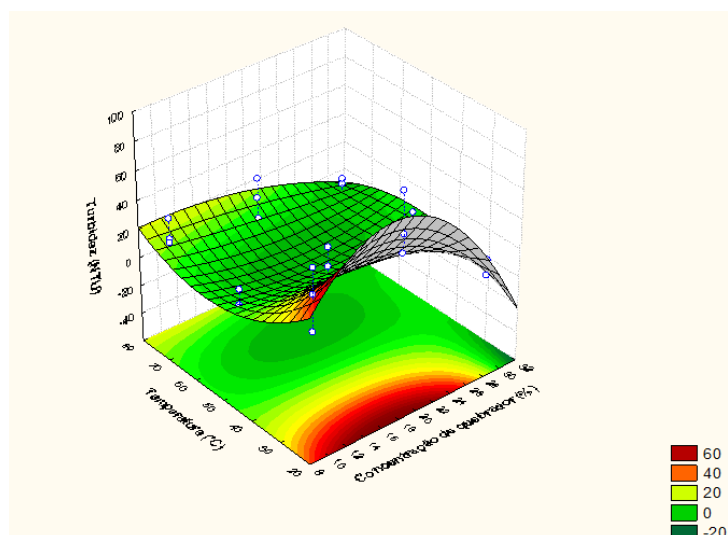


Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Figura 2 observou-se que a temperatura apresentou um efeito significativo negativo, logo espera-se que quanto menor a temperatura maior a turbidez. Esse efeito era esperado em virtude que o aumento da temperatura favorece a quebra do polímero, reduzindo assim a turbidez do gel.

Também foi observado que a concentração de quebrador apresentou influência significativa linear e quadrática, com sinais opostos. Para uma melhor observação, foi plotada a superfície de resposta (Figura 3) que mostra a influência da temperatura e concentração de quebrador na turbidez.

Figura 3 – Superfície de resposta obtida referente a turbidez dos géis.



Fonte: Autoria própria.

De acordo com a figura percebe-se que os maiores valores de turbidez foram obtidos para a menor temperatura (25°C) e para as menores concentrações de quebrador, de modo que a situação de irá favorecer a quebra das cadeias poliméricas, reduzindo a turbidez dos géis será na temperatura de 75°C e a maior concentração de quebrador estudada (30%).

Conclusões

Conclui-se, portanto, que a alteração na concentração de glicerina não afetou significativamente as variáveis resposta de viscosidade aparente e turbidez para o intervalo de estudo avaliado. Entretanto, o aumento na temperatura promoveu uma maior quebra das cadeias poliméricas, diminuindo a turbidez dos géis, condição esta favorável para atuar no método de estimulação de poços, uma vez que utiliza a maior concentração de quebrador avaliada (30%).

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Recursos Humanos da ANP, gestão Finep, PRH 55.1 pelo apoio financeiro destinado a essa pesquisa, bem como a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pela infraestrutura.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6023: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

Akhtar, R.; Hamza, A.; Razzaq, I.; Hussain, F.; Nawaz, S.; Nawaz U.; Mukaddas, Z.; Jauhar, F.; Silitonga, A. S.; Saleel, C. A. Maximizing biodiesel yield of a non-edible chinaberry seed oil via microwave assisted transesterification process using response surface methodology and artificial neural network techniques. Heliyon, v.9, 2023.

Cavalcante, M. A.; Chaves, G. S.; Fagundes, F. P.; Fagundes, K. R. S. Influência do tipo e da concentração de quebradores de géis no processo de fraturamento hidráulico. Holos, 2017.

Milli, B. B.; Gripa, D. C.; Simonelli, G. Aplicações alternativas da glicerina oriunda do biodiesel, Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n. 12, 2011.

Sun, F.; Liu, D.; Wang, G.; Cao, C.; He, S.; Jiang, X.; Gong, S. Material point method simulation approach to hydraulic fracturing in porous médium. Engineering Analysis with Boundary Elements, v. 162, p. 420-438, 2024. Acesso em: 11 de março de 2024.

Tambun, R.; Haryanto, B.; Alexander, V.; Manurung, D. R.; Ritonga, A. P. Durian peel (Durio zibethinus) utilization as an adsorbent in the purification of acidified crude glycerol. South African Journal of Chemical Engineering, v.49, p. 162-169, 2024.

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

Zamora, F., Thompson, J. Kakadjian, S. R., Garza, J.L. Patente PI 1101503-9 A2, número 12/758, 466. Estados Unidos. 2010.