

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



Realização



TÍTULO DO TRABALHO:

**AVALIAÇÃO DA VISCOELASTICIDADE DE HIDROGÉIS POLIMÉRICOS COM
POTENCIAL APLICAÇÃO COMO MODIFICADORES DE PERMEABILIDADE
RELATIVA DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO**

AUTORES:

Taissa Zangerolami Lopes Rodrigues, Luiz Carlos Magalhães Palermo, Cláudia Regina Elias Mansur

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

AVALIAÇÃO DA VISCOELASTICIDADE DE HIDROGÉIS POLIMÉRICOS COM POTENCIAL APLICAÇÃO COMO MODIFICADORES DE PERMEABILIDADE RELATIVA DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO

Abstract

Excessive water production affects the profitability of oil wells as it reduces hydrocarbon production rates and increases the levels of corrosion and scale formation in the facility. Several methods have been used to reduce water production, such as relative permeability modifiers (RPM). In such systems, a polymeric hydrogel adsorbs on the porous media surface changing the reservoir wettability, thereby reducing water flow permeability and increasing oil productivity. Thus, the objective of this work is to develop polymeric hydrogels and study their viscoelastic properties so they can be used as RPMs in oil reservoirs. For this purpose, commercial samples of the poly (acrylamide-acrylic acid-2-methyl propane sulfonate) terpolymer (AM-AA-AMPS) were cross-linked by Al (III) ions, varying the reagent concentrations to evaluate the influence of the composition in the viscoelasticity of the obtained hydrogels. Rheological tests were performed to evaluate the viscoelastic behavior (by obtaining the elastic and viscous modules) of the formed hydrogels. The experimental results indicated that the polymer concentration, as well as the crosslinking agent concentration, influenced the viscoelastic properties of the formulations studied.

Introdução

A produção de água é um dos principais problemas da indústria de petróleo, uma vez que com o passar do tempo, os poços de petróleo então amadurecem, sua vida econômica vai se esgotando e o volume de água produzida pode exceder o volume de óleo produzido.

No intuito de aumentar a produtividade de óleo nos reservatórios, diversos métodos de recuperação podem ser utilizados. Estudos de campo demonstraram que tratamentos com hidrogéis poliméricos podem ser aplicados com sucesso em reservatórios maduros e/ou fraturados para reduzir a produção excessiva de água e o consequente custo operacional devido à corrosão e incrustações nas tubulações e, em alguns casos, abandono prematuro do poço sem, no entanto, reduzir a taxa de produção de óleo

Um exemplo de método artificial de recuperação avançada de petróleo é o uso de modificadores de permeabilidade relativa (RPM). Nesses sistemas, um hidrogel polimérico adsorve na superfície do meio poroso alterando a molhabilidade do reservatório, levando à redução do fluxo de água e, conseqüentemente, aumentando a produção do óleo residual. Os RPM's hidrossolúveis comercialmente

utilizados exigem que a superfície do meio poroso seja preferencialmente molhável à água para garantir uma boa adsorção e aderência prolongada, sendo aplicados somente em reservatórios de arenito. Estima-se que os reservatórios de carbonato contêm mais de 60% das reservas remanescentes de petróleo do mundo, e ainda não existem aplicações bem sucedidas de RPM em reservatórios deste tipo, de modo que o desenvolvimento de novos materiais capazes de enfrentar o excesso de produção de água em poços carbonáticos, permitindo que essas reservas sejam aproveitadas, é de extrema importância.

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo desenvolver modificadores de permeabilidade relativa à base do terpolímero poli(acrilamida-ácido acrílico-ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfônico) (AM-AA-AMPS), com diferentes aniocidades, os quais serão obtidos através da reticulação com íons Alumínio III (Al^{+3}), para avaliação da influência da composição dos hidrogéis no aumento da eficiência de produção de óleo em reservatórios carbonáticos, com condições severas de temperatura ($> 90\text{ }^{\circ}C$) e de salinidade ($> 10.000\text{ ppm TDS}$).

Metodologia

Os terpolímeros investigados neste trabalho, X e Y, são à base de poli (acrilamida-ácido acrílico-2-metilpropano sulfonato) (AM-AA-AMPS), e foram doados pela Empresa SNF Inc. Ambos apresentam massa molar de 10 milhões e 17% de grau de hidrólise, porém, o Polímero X apresenta 9,4% de teor de AMPS (aniocidade) enquanto o Polímero Y apresenta 22,2%.

Preparo dos géis

Primeiramene, uma solução polimérica foi obtida solubilizando o polímero em água deionizada em agitador magnético IKA por 24 horas. Uma solução de Citrato de Alumínio, utilizada como agente reticulante, foi então adicionada à solução polimérica com o auxílio de uma pipeta volumétrica, permanecendo sob agitação magnética por 30 minutos. O sistema foi então mantido à temperatura de $70^{\circ}C$ por 24 horas, em estufa de aquecimento Biomatic, para permitir total reticulação e formação dos hidrogéis. A solução de Citrato de Alumínio foi obtida pela mistura de uma solução de cloreto de alumínio a 15% e uma solução de ácido cítrico a 50%, em uma proporção de 2,3: 1.

O estudo foi realizado variando-se a concentração da solução polimérica (0,25; 0,50; e 0,75% m/v) e do agente de reticulação (1-5% m/v), para avaliação da influência da composição nas propriedades viscoelásticas dos géis.

Comportamento Viscoelástico

Ensaio reológicos foram realizados em um reômetro MARS 60, Haake, equipado com acessório rotor/copo (CC25 Din/Ti), para avaliar o comportamento viscoelástico pela obtenção dos módulos

elástico e viscoso (G' e G'') dos hidrogéis formados. Um ensaio de cisalhamento oscilatório com variação da deformação foi realizado, de 0,01 a 100%, a uma frequência constante de 0,1Hz para determinar a região de viscoelasticidade linear, onde G' e G'' fossem independentes dessa variação, pois nessa região a estrutura do material é preservada. Em seguida, uma varredura da frequência de oscilação foi feita de 0,01 Hz a 1 Hz (fixando 0,1% de deformação) para obter informações sobre os módulos de armazenamento (G') e de perda (G''). Todos os ensaios foram realizados em temperatura de 25 °C.

Resultados e Discussão

As amostras utilizadas para demonstrar o ensaio oscilatório foram as X A1 e Y A1, ambas com 0,25% de polímero e 1% de agente reticulante, uma vez que todas as demais amostras de gel apresentaram comportamento semelhante.

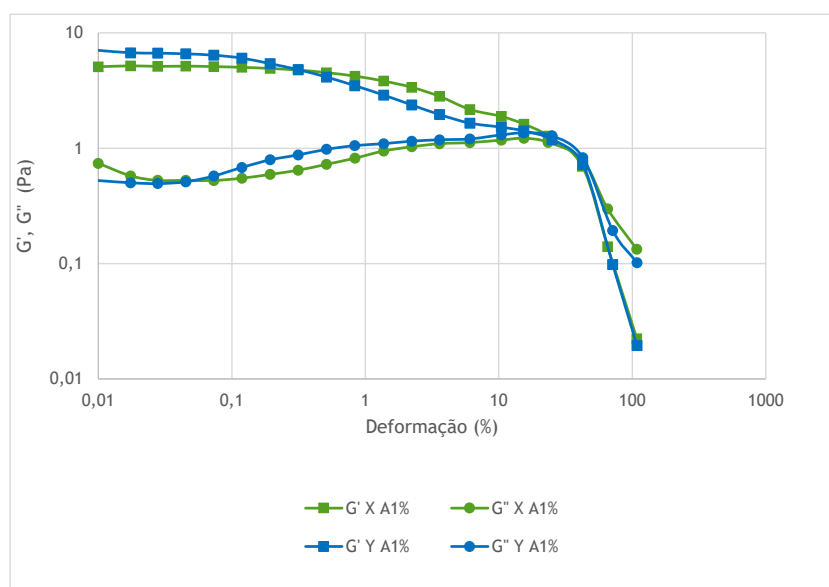


Figura 1: Análise reológica das curvas de módulo elástico (G') e viscoso (G'') em função da deformação para amostras de hidrogel X A1% e Y A1%.

É possível observar na Figura 1 que o sistema alcançou um patamar para os valores dos módulos elástico e viscoso, isto é, G' e G'' se mantiveram constantes até a deformação correspondente a 0,1%. Foi selecionada, então, a deformação de 0,1 % (maior deformação possível dentro da região linear) a ser usada na análise de reologia oscilatória.

Para a análise da força gel, o módulo elástico (G') e viscoso (G'') foram determinados para todas as formulações de géis, como função da variação da frequência de 0,1 a 100 Hz, sob deformação constante de 0,1% para garantir a manutenção do regime de viscoelasticidade linear.

É possível observar em todos os sistemas geleificantes que os valores de módulo elástico (G') foram superiores aos valores do módulo viscoso (G''), mostrando que o comportamento elástico da amostra predomina sobre seu comportamento viscoso e evidenciando as características de géis poliméricos.

A força gel é obtida pela razão entre G' e G'' e está apresentada na Tabela 6. Os hidrogéis estudados devem se comportar como géis fortes, ou seja, devem apresentar razão $G'/G'' > 10$ para formar um filme na superfície da rocha reservatório sem bloquear os poros da região.

Tabela 1 – Avaliação reológica e força gel dos hidrogéis poliméricos

AMOSTRA			FORÇA GEL	
[polímero]%	[reticulante]%	Nome da amostra	Polímero X	Polímero Y
0,25 (A)	1	A1	3,43	2,98
	2	A2	4,73	3,31
	3	A3	8,69	7,9
	4	A4	14,1	13,9
	5	A5	20,1	16,2
0,5 (B)	1	B1	2,17	2,06
	2	B2	3,04	2,61
	3	B3	5,7	5,47
0,75 (C)	1	C1	2,03	1,76
	2	C2	2,97	2,46
	3	C3	4,92	3,46
0,10 (D)	1	D1	7,66	4,93
	2	D2	7,26	5,17
	3	D3	6,78	7,39

De acordo com os resultados dos ensaios reológicos (Tabela 1), verificou-se que concentração do polímero e a concentração do agente reticulante influenciaram nas propriedades viscoelásticas e na força do gel dos sistemas gelificantes.

Conclusões

Pode-se concluir que à medida que a concentração de reticulante aumentou, mantendo-se a concentração de polímero constante, a força gel aumentou, indicando um maior grau de reticulação no gel. Por outro lado, se a concentração de reticulante for mantida constante e aumentar a concentração de polímero, o grau de reticulação é reduzido, devido à quantidade de cadeias de polímero que não foram reticuladas.

Agradecimentos

À CAPES, FAPERJ, CNPQ pelo apoio financeiro e à empresa SNF Inc. pela doação da amostra polimérica.

Referências Bibliográficas

- [1] A. R Al-Naknli, G. A. Al-Muntashierai, A. M. Al-Harithai, S. A. Balharti, SPE 168085(2013).
- [2] F. Hill, S. Monroe, R. Mohanan, SPE 154720 (2012).
- [3] M. Tokita, K. Nishinari, Progress in colloid and poymer science – gels: structures, properties, and functions: Fundamentals and applications, Springer, 2009.
- [4] T. Q. C. Dang, Z. Chen, T. B. N. Nguyen, W. Bae, T. Chung, T. N. Tu, Energy sourc. A, Recovery util. environ. effects, 36 (2014) 1219.