

Estudo Prospectivo Exploratório das Patentes de Aplicação de Goma Xantana como Fluido Polimérico de Recuperação Avançada de Petróleo

Prospective Study of Patents for Xanthan Gum Application of as a Polymeric Fluid for Enhanced Oil Recovery

Pamela Dias Rodrigues^{1,2}

João Pedro Dias Rodrigues²

Cristina M. Quintella²

¹Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

²Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil

Resumo

Esta prospecção tecnológica direciona-se ao uso de goma xantana como fluido EOR. A expansão do mercado de petróleo fez surgir a necessidade de desenvolver novas tecnologias capazes de aproveitar ao máximo o potencial de recuperação de óleo do reservatório, e a goma xantana se mostrou ser uma opção por sua capacidade de atuar como fluido pistão. A busca foi realizada na base de dados do Espacenet e foram encontradas e analisadas 76 famílias de patentes. Foi possível verificar atual estagnação da tecnologia, uma vez que 96% das patentes não estão mais em vigor. Os Estados Unidos é o país que se destaca no desenvolvimento da tecnologia. Observa-se a reivindicação de novo processo de produção da goma e nova formulação de fluido EOR. *Xanthomonas* foi o microorganismo mais utilizado, e a espécie *campestris* foi a mais recorrente. Embora exista uma aparente estagnação da tecnologia para a utilização de outras cepas, esta foi identificada como uma possibilidade no desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à produção de goma xantana.

Palavras-chave: Polímero. Goma Xantana. EOR.

Abstract

This technological prospecting is directed to the use of xanthan gum as an EOR fluid. The expansion of the oil market gave rise to the need to develop new technologies suitable to the maximum the oil recovery potential of the reservoir and xanthan gum proved to be an option due to its ability to act as a piston fluid. The research was carried out in the Espacenet database and 76 patent families were found and analyzed. It was possible to verify the current stagnation of the technology, since 96% of patents are no longer in force. The United States excels in the development of technology. The specification of a new gum production process and a new EOR fluid base is observed. *Xanthomonas* was the most used microorganism and a *campestris* species the most recurrent. Although the apparent stagnation of the technology, the use of other strains has been identified as a possibility in the development of new technologies related to the production of xanthan gum.

Keywords: Polymer. Gum Xhantan. EOR.

Área Tecnológica: Química. Engenharia de Petróleo.



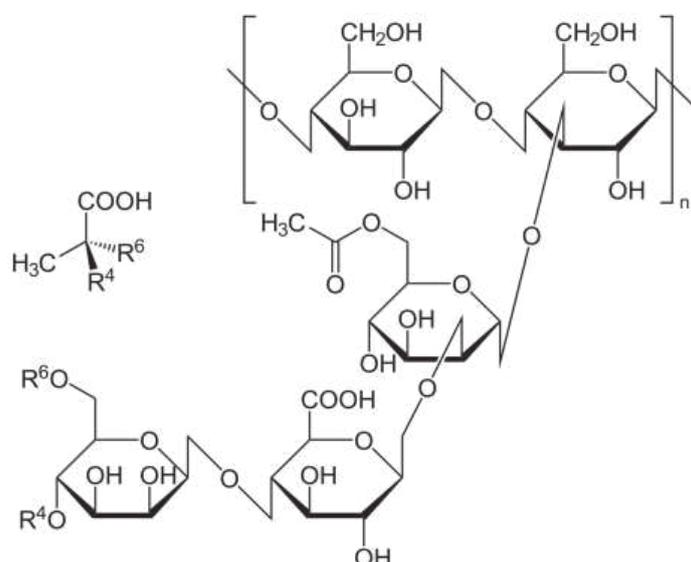
1 Introdução

Métodos de recuperação terciários, também denominados métodos de recuperação avançada de petróleo (EOR) envolvendo injeção de polímeros, são considerados um dos processos químicos mais promissores para aplicação em muitos reservatórios (JANG *et al.*, 2015). Mapeamentos tecnológicos relacionados a processos/métodos EOR têm sido publicados na revista *Cadernos de Prospecção* desde 2009, quando um levantamento geral sobre recuperação avançada de petróleo foi realizado (MUSSE; QUINTELLA, 2009). Desde então, artigos relacionados a diferentes métodos EOR foram publicados, entre eles, dois abordam o uso geral de polímeros como fluido EOR (MARQUES *et al.*, 2013; MARQUES *et al.*, 2014). Polímeros solúveis em água podem aumentar facilmente a viscosidade da fase aquosa, aumentando a eficiência de varrido durante os processos EOR. Além disso, a viscosidade de cisalhamento de uma solução polimérica corrige a baixa taxa de mobilidade água/óleo que levam ao baixo desempenho de injeção de água (JUNG *et al.*, 2013; ABIDIN; PUSPASARI; NUDROHO, 2012).

Atualmente, mais petróleo é produzido por injeção de polímeros do que todos os outros processos químicos EOR (QUADRI *et al.*, 2015). Poliacrilamidas e polissacarídeos solúveis em água são amplamente utilizados em campos de petróleo para melhorar a recuperação de óleo. Entre eles, a goma xantana, um polissacarídeo natural e um importante biopolímero industrial, vem atraindo considerável atenção como fluido EOR na perfuração, fraturamento e limpeza de dutos (PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011).

A goma xantana é um polissacarídeo extracelular produzido pela fermentação de um esqueleto celulósico pela bactéria *Xanthomonas* que consiste em cinco monossacarídeos para dar uma unidade de repetição de pentassacarídeo. O esqueleto celulósico é substituído em C-3 nos resíduos beta-1,4-D-glucopiranosil alternativos pelas cadeias laterais dos trissacarídeos do beta-D-ramnopiranosil, beta-1,4-D-lucuronopiranosil e alfa-1,2- D-manopiranosil com várias quantidades de substituintes acetil e piruvato (XU *et al.*, 2013). A Figura 1 ilustra a estrutura do polissacarídeo extracelular da *Xanthomonas campestris*.

Figura 1 – Estrutura do polissacarídeo extracelular da *X. campestris*



Fonte: Sarmah *et al.* (2019)

Características reológicas importantes, como alto grau de pseudoplasticidade, alta viscosidade mesmo em baixas concentrações, estabilidade em soluções ácidas e alcalinas, compatibilidade com a maioria dos sais metálicos, excelente solubilidade e resistência à degradação em temperaturas elevadas (JANG *et al.*, 2015; FARIA *et al.*, 2011) fazem da goma xantana um biopolímero promissor na aplicação como fluido de injeção EOR. Além da área EOR, a goma xantana também é amplamente utilizada em engenharia como um agente de aumento da viscosidade em alimentos, em cosméticos e em produtos farmacêuticos, pois apresenta características interessantes para aplicação nessas áreas, incluindo boa estabilidade de temperatura, estabilização de emulsão fina e compatibilidade com ingredientes alimentares (KIM *et al.*, 1998).

O presente trabalho pretende realizar um mapeamento patentário da utilização de goma xantana como fluido de recuperação avançada de petróleo. O trabalho visa ainda ao levantamento das patentes registradas no tema, além de realizar um estudo do processo de amadurecimento e de desenvolvimento dessa tecnologia, identificando as estratégias de proteção, as organizações com maior presença, entre outros parâmetros. Por fim, poderá ser uma ferramenta para orientar e estruturar pesquisas futuras, estabelecendo a situação de apropriação patentária relacionada ao tema.

2 Metodologia

A metodologia utilizada na busca pretendeu encontrar o maior número de documentos de patentes correspondentes ao tema de interesse, utilizando-se os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) (WIPO, 2020), de modo que o levantamento dos documentos de patente fosse representativo acerca da utilização de goma xantana como fluido EOR. Tal metodologia foi baseada em metodologias anteriormente desenvolvidas, dado que se mostraram satisfatórias (RODRIGUES; QUINTELLA, 2017; PINHEIRO *et al.*, 2016).

As buscas foram realizadas no banco worldwide de patentes, do European Patent Office, o Espacenet, e o *software* Questel Orbit® foi utilizado para realizar o tratamento estatístico. Os dados foram coletados em setembro de 2020. Não se aplicou nenhum tipo de limitação de período ou região, objetivando-se mapear toda a evolução da tecnologia de interesse.

A estratégia final de busca utilizou a combinação de cinco códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) referentes à recuperação avançada de petróleo:

- a) C09K8/58: Composições para métodos de otimização na recuperação de hidrocarbonetos, isto é, para melhorar a mobilidade do óleo, por exemplo, fluidos de deslocamento.
- b) C09K9/90: Composições para métodos de otimização na recuperação de hidrocarbonetos, isto é, para melhorar a mobilidade do óleo de origem natural, por exemplo, polissacarídeos, celulose.
- c) E21B43/22: Métodos ou aparelhos para obter óleo, gás, água, matérias-primas ou fundidos ou lama de minerais por meio do emprego de produtos químicos ou de atividade bacteriana.

- d) E21B43/16: Métodos intensificados de recuperação para obtenção de hidrocarbonetos, associados individualmente ao CIP referente à goma xantana.
- e) C12P19/06: Preparação de compostos radicais sacarídeos Xantana, ou seja, heteropolissacarídeo tipo *Xanthomonas*.

A Tabela 1 mostra o escopo completo utilizado para a busca dos documentos de patentes, contemplando todos os códigos da CPI utilizados na busca inicial. Após retirada das duplicatas, um total de 76 famílias de patentes foram analisadas.

Tabela 1 – Estratégia de busca de documentos de patentes

CIP	ESTRATÉGIA DE BUSCA										
C09K8/58	X									X	
C09K8/588		X					X				
C09K 8/90			X								X
C12P19/06				X				X	AND	AND	X
E21B43/22					X		AND	AND			
E21B43/16						X					AND
Patentes	3.951	4.547	2.205	1.462	13.232	12.314	1.091	244	84	221	20
Famílias	1972	2693	901	498	8975	7643	759	62	13	42	9
Total de Patentes Processadas											557
Total de Famílias Processadas											76

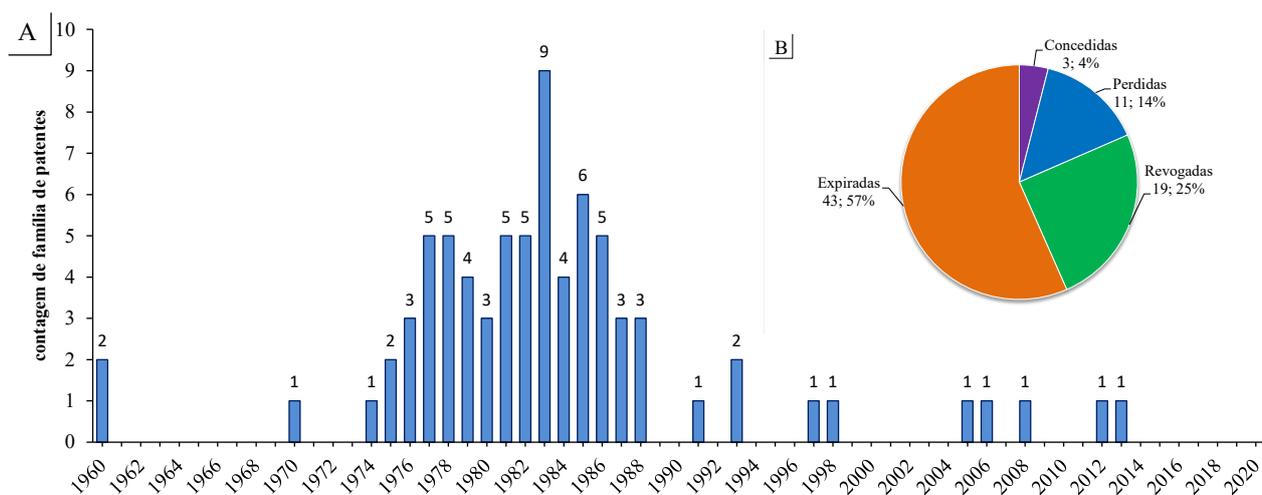
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

3 Resultados e Discussão

Analisando-se a evolução anual de primeira prioridade das famílias de patentes (Figura 2A), observou-se que a tecnologia possui uma onda de crescimento iniciada em meados dos anos de 1970 até final dos anos de 1980, encontrando-se em estagnação desde então.

A Figura 2B mostra o *status* legal das patentes comprovando a estagnação da tecnologia, pois a proporção de patentes que não está mais em vigor (96%) é muito superior ao percentual de patentes “vivas” (4%), além disso, não foi encontrada nenhuma patente com *status* legal “pendente”, o que demonstra ainda mais o distanciamento dos *stakeholders* dessa tecnologia.

Figura 2 – (A) Evolução anual do número de famílias de patentes em relação ao ano; (B) Status legal das patentes



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

A goma xantana foi descoberta na década de 1950 no Northern Regional Research Laboratories (NRRL) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. O polissacarídeo B1459, ou goma xantana, produzido pela bactéria *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459, foi amplamente estudado por causa de suas propriedades, que permitiriam complementar outras gomas solúveis em água naturais e sintéticas conhecidas. Extensas pesquisas foram realizadas em vários laboratórios industriais durante a década de 1960, culminando na produção comercial e substancial no início de 1964 (GARCIA-OCHOA *et al.*, 2000).

As duas primeiras patentes foram depositadas em 1960, dez anos depois da descoberta da goma xantana. Ambas foram requeridas por Jersey Production Research e se referem-se a um método para a síntese bioquímica de polissacarídeos pela ação de bactérias do gênero *Xanthomonas* em carboidratos (PATTON; LINDBLUM, 1960) e uma formulação contendo goma xantana como agente espessante solúvel em água capaz de aumentar as viscosidades de meios aquosos de maneira mais estável do que os espessantes disponíveis até então (PATTON, 1960).

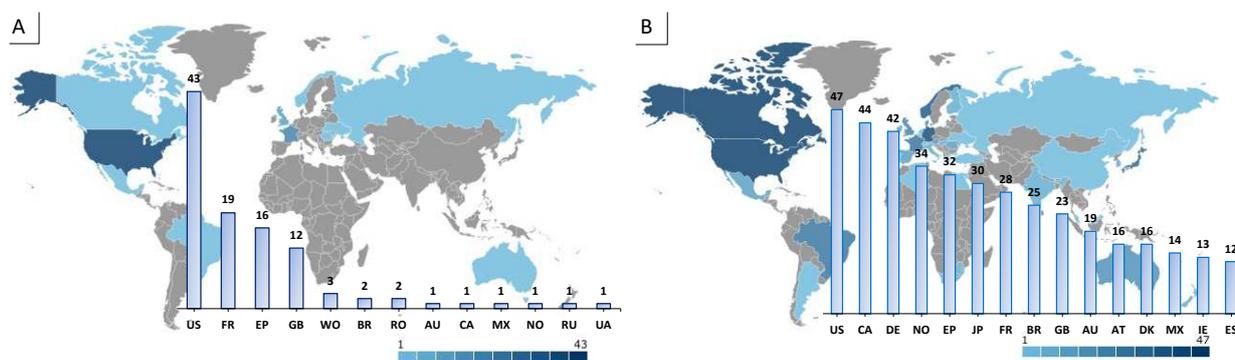
A única onda de crescimento é observada em meados dos anos de 1970 até final dos anos de 1980, o início desse crescimento ocorre 10 anos após a goma xantana começar a ser produzida em escala comercial, portanto, tornando-se possível sua utilização como fluido EOR, uma vez que, para essa finalidade, é necessário um volume consideravelmente maior do que para outros usos, como o farmacêutico e o alimentício, por exemplo.

No ano de 1983 foi depositado o maior número de patentes relacionadas ao uso de goma xantana como fluido EOR, seguindo de uma queda e de estabilização dos depósitos de patentes nos anos subsequentes, o que pode estar associado aos elevados custos de produção e do substrato, grande parte da goma xantana utilizada no Brasil, por exemplo, é importada principalmente dos Estados Unidos (SILVA; SCHMIDT, 2015).

A Figura 3 mostra o Mapa-Múndi com a distribuição patentária e os países que mais depositaram patentes. A Figura 3A mostra os países de primeira prioridade. É possível observar que os países que se destacam no desenvolvimento da tecnologia são Estados Unidos (42%), França (18%) e Reino Unido (12%). Além desses, algumas patentes foram depositadas em protocolo sem indicação de país, 16 patentes pela Organização Europeia de Patentes (EP) e três pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WO). Apenas duas patentes foram depositadas no Brasil como primeiro país de prioridade e referem-se a um processo industrial contínuo para produção de polissacarídeo sob a forma de caldo concentrado à base de água (FERRO *et al.*, 2008) e um processo enzimático para o tratamento de gomas de xantana para melhorar a capacidade de filtragem de suas soluções aquosas (BALLERINE; BENOIT; MONOT, 1986).

Na Figura 3B são demonstrados os países nos quais foram publicadas as solicitações de patentes. É possível observar que alguns países que não produzem a tecnologia estão recebendo depósitos por serem mercados potenciais para exportação da tecnologia. Nesse cenário, destacam-se o Canadá, a Alemanha, a Noruega, o Japão e o Brasil.

Figura 3 – Distribuição patentária (A) Países de primeira prioridade; (B) Países de publicação



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Apesar da queda de 4,8% do seu Produto Interno Bruto (PIB) no primeiro trimestre de 2020, os Estados Unidos é o país que se mantém como maior economia mundial, alcançando um PIB de US\$ 21,439 trilhões em 2019 (BEA, 2020). Além disso, é o maior consumidor e um dos maiores produtores de petróleo do mundo (ANP, 2019), então é mais do que esperado que grandes investimentos em tecnologias que visam ao melhor aproveitamento dos reservatórios por meio da recuperação avançada de petróleo sejam feitos, e isso não foi diferente para o uso de goma xantana como fluido polimérico EOR.

A França foi o 2º país de primeira prioridade das patentes sobre o tema, tendo um PIB, em 2019, de 2,425 trilhões USD (COUNTRYECONOMY, 2020), sendo a 7º maior economia do mundo, além disso, esse é um país conhecido por seus investimentos em tecnologias na área de energia.

A Figura 4 mostra as principais instituições requerentes das patentes do tema (Figura 4A) e a rede de citação entre esses titulares (Figura 4B).

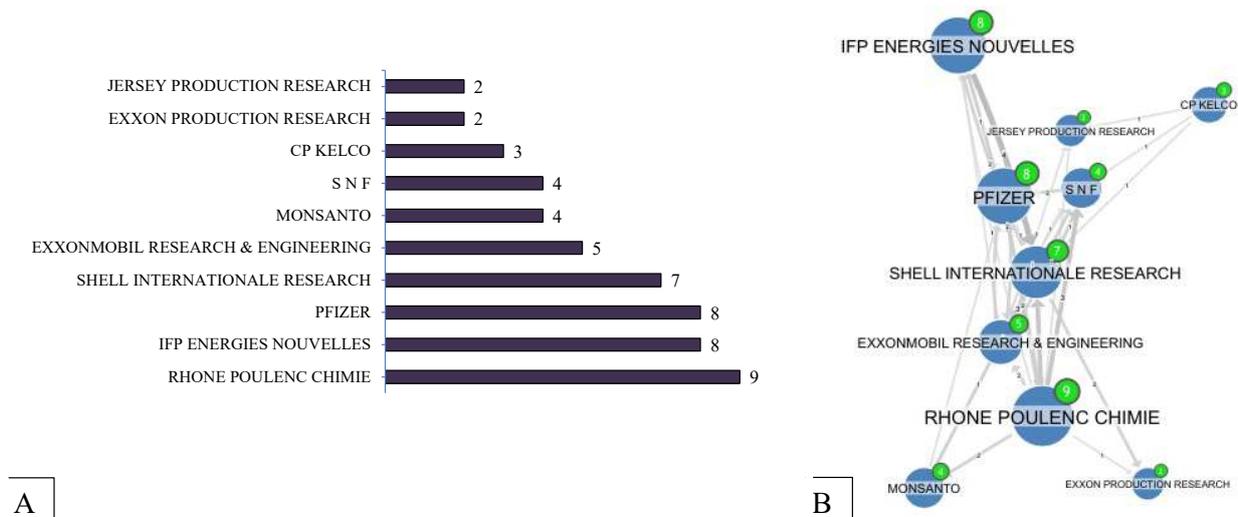
Duas instituições requerentes francesas se destacam: (i) a Rhone Poluenc Chimie – uma empresa do setor farmacêutico que em janeiro de 1999 fundiu-se com a Hoechst AG, formando, assim, a Aventis, sofrendo nova fusão em 2004 com a Sanofi-Synthélabo, formando

a Sanofi-Aventis, sendo hoje a terceira maior empresa farmacêutica do mundo (NANTERRE, 2020) com nove patentes; e (ii) o IFP Energies Nouvelles – também conhecido como Instituto Francês do Petróleo, que se trata de uma organização pública de pesquisa fundada em 1944 e possui alta representatividade em pesquisas nas áreas de energia, transporte e meio ambiente (IFP, 2020) com oito patentes.

Embora a Rhone Poluenc Chimie seja uma empresa farmacêutica e suas patentes descreverem principalmente processos de produção de goma xantana, ela prevê em suas reivindicações o uso desse polissacarídeo produzido como fluido EOR (GOZARD; JARRY; LUCIONI, 1983; LEPROUX *et al.*, 1984). As patentes do IFP trazem melhorias no processo de produção da goma xantana por meio de tratamentos enzimáticos (BALLERINE; BENOIT; MONOT, 1986; RINAUDO; MILAS; KOHLER, 1980) ou por alteração do meio de cultura do micro-organismo (MONOT; NOIK; BALLERINI, 1993), por exemplo.

Pela Figura 4B, é possível observar que existe uma forte interação entre os portfólios dos principais requerentes e que as patentes depositadas pela Rhone Polilenc Chimie (ORBIT, 2020) e pelo IFP são as mais citadas nessa rede, o que indica que essas patentes possuem portfólio pioneiro ou de bloqueio.

Figura 4 – (A) Principais instituições requerentes; (B) Rede de citações entre titulares



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

Dos EUA destacam-se duas grandes multinacionais do ramo farmacêutico e biotecnológico: a Pfizer com oito patentes e a Monsanto com quatro patentes, além de duas importantes multinacionais do ramo do petróleo: a Shell com sete patentes e a Exxonmobil com cinco patentes.

Entre as patentes depositadas pela Pfizer, duas se referem a um processo de produção de goma xantana, cuja fermentação ocorre em meio aeróbico, e a preparação do caldo de fermentação contém colóide de Xanthomonas (WERNAU, 1976) e hidrocolóides de Xanthomonas (WERNAU, 1977) para solução que será utilizada como fluido EOR, enquanto a outra se dá por um processo de fermentação, utilizando-se de fermentação contendo, também cultivado aerobicamente.

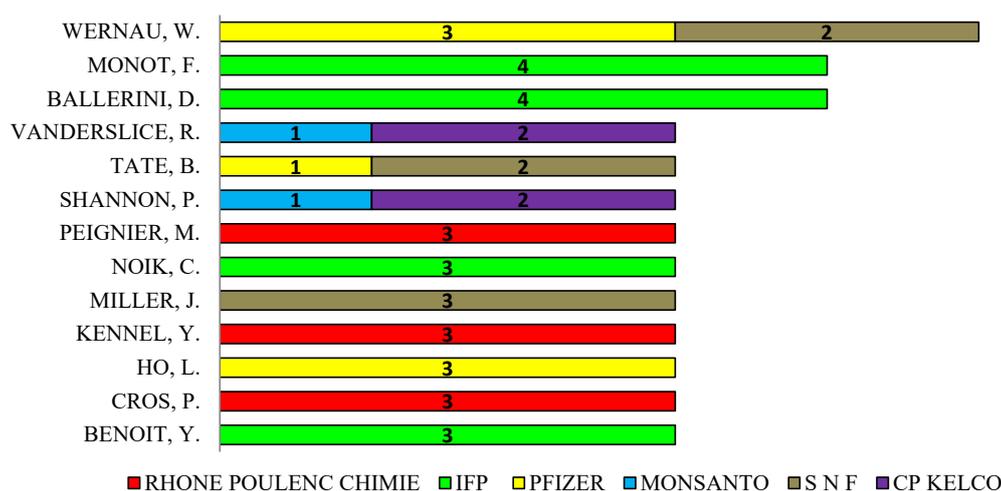
A Monsanto investiu em maneiras de diminuir a concentração de cálcio do meio de cultura para não mais que 400ppm, produzindo a goma xantana em um meio de fermentação aquoso livre de íons cálcio, assim como os nutrientes livres de cálcio, deixando, assim, o produto final com baixo teor de cálcio e caracterizado pelo fato de que as emulsões óleo/água da goma exibirem um fluxo suave (RICHMON, 1978).

Como uma das maiores empresas do setor petrolífero, a Shell investiu em maneiras para aproveitar ao máximo o potencial do reservatório, uma de suas técnicas refere-se à remoção de sólidos de soluções aquosas de polímeros de goma xantana que contêm corpos celulares bacterianos (WELLINGTON, 1977). É particularmente útil clarificar soluções de polímero para o uso como espessantes de água em fluidos aquosos que são injetados em reservatórios subterrâneos para deslocar o óleo especialmente de campos maduros. Outra de suas patentes faz uso de um processo para a concentração por ultrafiltração de uma solução aquosa viscosa de um polissacarídeo solúvel em água. O concentrado, assim produzido, é conveniente para transporte e facilmente diluído para fornecer uma solução aquosa de polímero adequada para injeção em recuperação avançada de óleo (VAN; CONSTANT; JACOB, 1980).

Diferentemente das outras empresas depositantes, a Exxonmobil propôs um processo para preparar soluções salinas modificadas de heteropolissacarídeo contendo sais inorgânicos em que as soluções são estabilizadas contra a perda de grupo piruvato no tratamento térmico. As soluções tamponadas não sofrem perda de conteúdo de piruvato, ao mesmo tempo em que mantêm a filtrabilidade e a viscosidade elevada (HOLZWARTH, 1982).

A Figura 5 mostra os principais inventores por instituições requerentes. É possível observar que os inventores de maior representação estão associados principalmente às instituições requerentes de maior número de patentes depositadas.

Figura 5 – Inventores de maior representação por instituição requerente



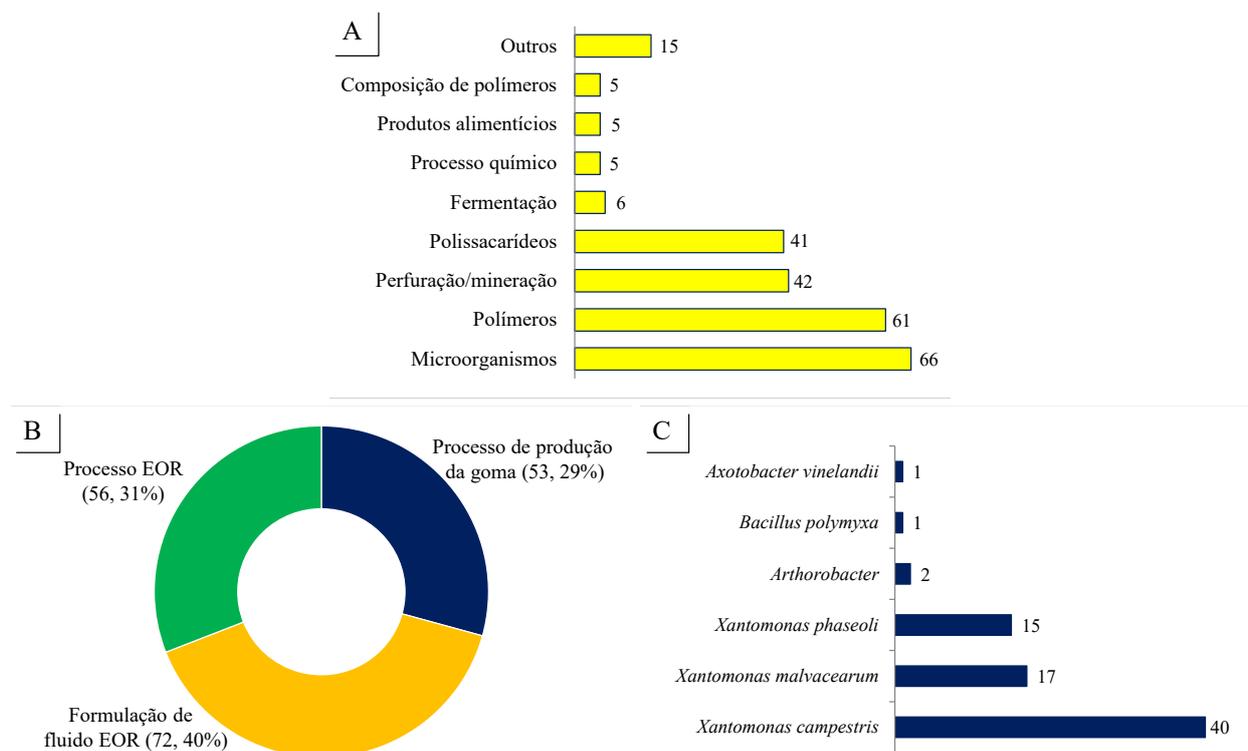
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

A Figura 6 traz um panorama da apropriação da tecnologia. É possível observar que as patentes são distribuídas principalmente em quatro subdomínios técnicos (Figura 6A): (i) Micro-organismos; (ii) Polímeros; (iii) Perfuração/mineração; e (iv) Polissacarídeos, tendo em vista o escopo do trabalho, esperava-se expressividade dessas subclasses, pois a goma xantana é um polissacarídeo, classificado como biopolímero, produzido pela fermentação da bactéria

Xanthomonas, o escopo contemplava ainda a utilização da goma xantana como fluido EOR. Algumas patentes fora desses subdomínios chamam atenção, como a patente EP0209227B1 que se encontra no subdomínio de “Fermentação” e reivindica a formulação de um novo heteropolissacarídeo S-657, que é preparado por fermentação de uma nova cepa de *Xanthomonas campestris* ETCC 53159 e que apresentou propriedades valiosas como espessante, agente de suspensão e estabilização em soluções aquosas e é especialmente valioso para uso com fluido EOR (PEIK; STEENBERGEN; VEEDER, 1985), ou seja, a invenção trata da produção de um novo heteropolissacarídeo, diferente da goma xantana, mas que foi produzido a partir da fermentação da bactéria *Xanthomonas campestris* ETCC 53159.

Outra patente do subdomínio “Produtos Alimentícios”, por exemplo, conseguiu produzir uma goma xantana com alta capacidade de espessamento em meios aquosos por meio de um aquecimento rápido do caldo final da fermentação dos carboidratos por uma bactéria do gênero *Xanthomonas* com grau de pureza elevado o suficiente para ser usado tanto na indústria alimentícia quanto como fluido EOR (EYSSAUTIER, 1986).

Figura 6 – (A) Subdomínios Técnicos; (B) Inovações da invenção; (C) Micro-organismos citados



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2020)

As patentes analisadas reivindicam três tipos de inovação (Figura 6B): (i) no processo de produção da goma xantana; (ii) apresentando uma nova formulação de fluido EOR; ou (iii) no processo EOR. Dos micro-organismos utilizados para a produção do biopolímero EOR, a bactéria do gênero *Xantomonas* foi a mais utilizada, sendo a espécie *campestris* a mais recorrente. Vários autores em trabalhos acadêmicos descrevem a bactéria *Xantomonas campestris* como a que melhor se adequa às condições de fermentação e também a que apresenta melhor rendimento em relação a outras espécies (JANG *et al.*, 2015; GHOUMRASSI-BARR; ALIOUCHE,

2016; SARMAH et al., 2019), essas mesmas vantagens são abordadas em algumas patentes (VANDERSLICE; SHANNON, 1985; JARRY et al., 1983).

Outros micro-organismos foram utilizados na produção do fluido de injeção, por exemplo, a patente UA82135 refere-se à produção de goma xantana a partir do cultivo do produtor *Arthrobacter* sp. 1702 (BOLOKHOVSKY; NAHORNA; BOLOKHOVSKA, 2006), ou a patente US5010186 que utiliza um consórcio microbiano utilizando *Arthrobacter* sp. e *Xantomonas campestris* na produção do biopolímero (CROSS; ROBERT, 1985). A utilização de outras cepas de bactérias que não a *Xantomonas campestris* pode vir a ser uma possibilidade no desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à produção de goma xantana para fluido EOR.

4 Considerações Finais

As patentes relacionadas ao uso de goma xantana como fluido polimérico EOR apresentaram percentual considerável de patentes mortas, com sinais de que essa tecnologia é uma tecnologia estagnada. Tal perspectiva é reforçada pelo fato de o pico de depósitos estar localizado entre os anos de 1974 a 1988, seguido de uma queda abrupta nos anos subsequentes.

Um visível domínio do desenvolvimento da tecnologia por parte dos Estados Unidos é observado, seguido da França.

Embora exista um aparente desinteresse atual pela tecnologia estudada, poucas invenções fazem uso de bactérias diferentes de *Xantomonas campestris* no processo de produção de goma xantana, o que pode ser um novo nicho tecnológico para desenvolvimento de bioprocessos de produção de goma xantana.

Outra possibilidade de reativar o interesse por parte dos *stakeholders* dessa tecnologia é se os processos de produção da goma de custos mais baixos forem propostos, uma vez que os altos custos de produção podem ser uma grande barreira para sua aplicação como fluido EOR, pois isso demanda uma quantidade muito maior do que para outros usos, por exemplo, o alimentício e o farmacêutico.

Apesar dos desafios enfrentados na aplicação da goma xantana como fluido polimérico EOR, muitos estudos relatam vantagens em seu comportamento reológico, como boa estabilidade salina, térmica e mecânica, que não são observadas em polímeros sintéticos normalmente utilizados para esse fim (DE MOURA; MORENO, 2019; SAMPAIO et al., 2020), o que lhe confere potencial de aplicação em reservatórios que apresentam características críticas de alta salinidade como os do pré-sal, por exemplo.

Métodos de produção de goma xantana que sejam ambientalmente amigáveis ou que façam uso de substratos de nutrição mais baratos, simplificações ou melhorias no processo de fermentação ou ainda formulações de fluidos EOR contendo goma xantana que apresentem características diferentes daquelas já existentes, mas que levem a processos EOR mais eficientes e economicamente viáveis, podem reativar o interesse da indústria do petróleo pela tecnologia.

Como o estudo do comportamento químico, mecânico e reológico da goma xantana tem avançado muito na última década e as suas vantagens em seu uso como fluido EOR em relação aos polímeros sintéticos normalmente utilizados para esse fim estão sendo identificadas principalmente em reservatórios carbonáticos de alta salinidade, espera-se uma retomada no desenvolvimento dessa tecnologia.

Referências

- ABIDIN, A. Z.; PUSPASARI, T.; NUDROHO, W. A. Polymers for Enhanced Oil Recovery Technology. **Procedia Chemistry**, [s.l.], v. 4, p. 11-16, 2012.
- ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2019.
- BALLERINE, D.; BENOIT, Y.; MONOT, F. **Enzymatic process for treating xanthan gums in order to improve the filterability of their aqueous solutions**. US4904586A, 10 março 1986.
- BEA – BUREAU OF ECONOMICS ANALYSIS. **BEA**. 2020. Disponível em: <https://www.bea.gov/>. Acesso em: 20 set. 2020.
- BOLOKHOVSKY, V. V.; NAHORNA, O. V.; BOLOKHOVSKA, L. I. **Process for producing heteropolysaccharide biopolymer**. UA82135, 13 junho 2006.
- COUNTRYECONOMY. **Countryeconomy**. 2020. Disponível em: <https://pt.countryeconomy.com/paises/franca>. Acesso em: 20 set. 2020.
- CROSS, P.; ROBERT, P. **Acid/heat modified polysaccharide biopolymers**. US5010186, 14 agosto 1985.
- DE MOURA, M. R. V.; MORENO, R. B. Z. L. Concentration, Brine Salinity and Temperature effects on Xanthan Gum Solutions Rheology. **Appl. Rheol.**, [s.l.], v.1, p. 69-79, 2019.
- EYSSAUTIER, B. **Process for the production of a xanthan with high thickening capacity, and applications of this xanthan**. FR2606423B1, 7 novembro 1986.
- FARIA, S. *et al.* Characterization of xanthan gum produced from sugar cane broth. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], p. 469-476, 2011.
- FERRO, A. A. *et al.* **Processo industrial contínuo para produção de polissacarídeo sob a forma de caldo concentrado base água**. BRPI0804835A2, 6 novembro 2008.
- GARCIA-OCHOA, F. *et al.* Xanthan gum: production, recovery, and properties. **Biotechnology Advances**, [s.l.], v. 18, p. 549-579, 2000.
- GHOUMRASSI-BARR, S.; ALIOUCHE, D. A Rheological Study of Xanthan Polymer for Enhanced Oil Recovery. **Journal of Macromolecular Science**, [s.l.], Part B, v. 55, p. 793-809, 2016.
- GOZARD, J. P.; JARRY, A.; LUCIONI, A. **Process for the treatment of a polysaccharide solution, and its use**. EP0140725B1, 30 agosto 1983.
- HOLZWARTH, G. M. **Oil recovery using modified heteropolysaccharides in buffered brine**. US06417439, 13 setembro 1982.
- IFP. **IFP-Energies nouvelles**, 2020. Disponível em: <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/>. Acesso em: 20 set. 2020.
- JANG, H. Y. *et al.* Enhanced oil recovery performance and viscosity characteristics of polysaccharide xanthan gum solution. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, [s.l.], p. 741-745, 13 abril 2015.
- JARRY, A. *et al.* **Process for the treatment of heteropolysaccharides**. FR0013884, 30 agosto 1983.

JUNG, J. C. *et al.* Rheology and Polymer Flooding Characteristics of Partially Hydrolyzed Polyacrylamide for Enhanced Heavy Oil Recovery. **Jornal of Applied Polymer Science**, [s.l.], 2013.

KIM, C. *et al.* Drag reduction characteristics of polysaccharide xanthan gum. **Macromolecular Rapid Communications**, [s.l.], v. 19, 1998.

LEPROUX, V. *et al.* **Process for the production of polysaccharides of the xanthane type**. EP0187092B1, 21 dezembro 1984.

MARQUES, L. S. *et al.* Polímeros como métodos para recuperação avançada de petróleo. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 6, n. 4, p. 534-542, 2013.

MARQUES, L. S. *et al.* Mapeamento patentário de recuperação avançada de petróleo (EOR) com aditivos poliméricos/biopoliméricos e surfactantes. **Cadernos de Prospecção**, v. 7, n. 2, p. 198-207, 2014.

MONOT, F.; NOIK, C.; BALLERINI, D. **Composition comprising a xanthan broth and proteins and use thereof in a well drilling fluid**. EP0611824A1, 16 fevereiro 1993.

MUSSE, A. P.; QUINTELLA, C. M. Recuperação avançada de petróleo. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 1, n. 2, p. 12-22, 2009.

NANTERRE. **Infogreffe**. 2020. Disponível em: <https://www.infogreffe.com/entreprise-societe/322346628-rhone-poulenc-chimie-de-base-920181B023130000.html>. Acesso em: 20 de set 2020.

ORBIT – **Orbit Intelligence**. 2020. Disponível em: <https://www.orbit.com/>. Acesso em: 20 set. 2020.

PALANIRAJ, A.; JAYARAMAN, V. Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris*. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 106, p. 1-12, 2011.

PATTON, J. T. **Thickening agent and process for producing same**. US3020207A, 27 maio 1960.

PATTON, J. T.; LINDBLOM, G. P. **Process for synthesizing polysaccharides**. US3020206A, 15 abril 1960.

PEIK, J. A.; STEENBERGEN, S. M.; VEEDER, G. T. **Heteropolysaccharide and its production and use**. EP0209277B1, 28 junho 1985.

PINHEIRO, L. *et al.* Prospecção Tecnológica de Patentes sobre Recuperação Avançada de Petróleo com Ênfase em MEOR/EOR. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 9, n. 1, p. 141-151, 2016.

QUADRI, S. M. R. *et al.* **Application of Biopolymer to Improve Oil Recovery in High Temperature High Salinity Carbonate Reservoirs**. SPE, 2015.

RICHMON, J. B. **Low calcium xanthan gums**. US05895907, 13 abril 1978.

RINAUDO, M.; MILAS, M.; KOHLER, N. **Enzymatic clarification process for improving the injectivity and filtrability of xanthan gums**. US4416990A, 6 outubro 1980.

RODRIGUES, P.; QUINTELLA, C. M. Prospecção Tecnológica de patentes sobre a obtenção de ácidos graxos a partir da borra de refino do tratamento de neutralização de óleos brutos (soap stock). **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 563-577, 2017.

SAMPAIO, I. C. F. *et al.* Composition of Xanthan gum produced by *Xanthomonas campestris* using produced water from a carbonated oil field through Raman spectroscopy. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, [s.l.], v. 213, 2020.

SANOFI. **Sanofi**, 2021. Disponível em: <https://www.sanofi.com.br/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

SARMAH, S. *et al.* Formulation of a combined low saline water and polymer flooding for enhanced oil recovery. **International Journal of Ambient Energy**, [s.l.], v. 23, p. 1-9, 2019.

SILVA, G. S.; SCHMIDT, C. A. Prospecção Tecnológica da Produção de Goma Xantana ao Longo dos Anos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 8, n. 1, p. 92-101, 2015.

VAN, L. C.; CONSTANT, J. R.; JACOB, B. **Treatment of pseudoplastic polysaccharide solutions**. GB0031404, 29 setembro 1980.

VANDERSLICE, R. W.; SHANNON, P. **A polysaccharide polymer made by xanthomonas**. US06762878, 6 agosto 1985.

WELLINGTON, S. T. **Enzyme-filtration clarification of xanthan gum polymer solution**. US05797093, 16 maio 1977.

WERNAU, W. C. **Process for producing xanthomonas hydrophilic colloid, product resulting therefrom, and use thereof in displacement of oil from partially depleted reservoirs**. US05711843, 5 agosto 1976.

WERNAU, W. C. **Translate Process for producing xanthomonas hydrophilic colloid for use in displacement of oil from partially depleted reservoirs**. US05793274, 3 maio 1977.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Publicação IPC**, 2020. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20200101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>. Acesso em: 15 set. 2020.

XU, L. *et al.* The comparison of rheological properties of aqueous welan gum and xanthan gum solutions. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 92, p. 516-522, 2013.

Sobre os Autores

Pamela Dias Rodrigues

E-mail: pamelarodrigues.ufba@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5334-1990>

Doutora em química pela Universidade Federal da Bahia em 2018.

Endereço profissional: Rua Mundo, n. 121, Parque Tecnológico da Bahia, Polo de Inovação IFBA, Trobogy, Salvador, BA. CEP: 41745-715.

João Pedro Dias Rodrigues

E-mail: xpedrodias@icloud.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2604-9887>

Graduando de Engenharia Sanitária na Universidade Federal da Bahia.

Endereço profissional: Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Departamento de Química Geral e Inorgânica, Campus de Ondina, Ondina, Salvador, BA. CEP: 40170-290.

Cristina M. Quintella

E-mail: cris5000tina@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3827-7625>

Pós-Doutora pelo Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade de Lisboa, ISEG, Portugal. Ciências Sociais Aplicadas em 2020. Doutora em Ciências Moleculares, University of Sussex, UK, 1993.

Endereço profissional: Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Departamento de Química Geral e Inorgânica, Campus de Ondina, Ondina, Salvador, BA. CEP: 40170-290.