

## A DINÂMICA DA GESTÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA ÁREA DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO - BIBLIOMETRIA

**Roberto Oliveira Macêdo Júnior** – [romjr81@gmail.com](mailto:romjr81@gmail.com)

*Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe*

**Fabiane Santos Serpa** – [fabianeserpa@gmail.com](mailto:fabianeserpa@gmail.com)

*Instituto de Tecnologia e Pesquisa – Universidade Tiradentes*

**Denise Santos Ruzene** – [ruzeneds@hotmail.com](mailto:ruzeneds@hotmail.com)

*Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal de Sergipe*

**Daniel Pereira da Silva** – [silvadp@hotmail.com](mailto:silvadp@hotmail.com)

*Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – Universidade Federal de Sergipe*

**Resumo:** Este trabalho visa apresentar um panorama da evolução das inovações tecnológicas das indústrias do petróleo, entre os anos de 2009 e 2018. Tal período está associado à crise financeira internacional, onde diversas empresas recuaram a produção de petróleo e gás, particularmente, a pesquisa e desenvolvimento (P&D). O objetivo deste estudo consiste em realizar um levantamento bibliométrico, com base na lei de Zipf. Foram pesquisados 24.194 documentos sobre indústria do petróleo. Destes 1.293 foram publicações concernentes à exploração e produção. 68 publicações estão relacionadas a palavra-chave “Inovação”. Mais especificamente, 45 documentos apresentam a dinâmica tecnológica na indústria do petróleo, em especial na exploração e produção (E&P) de óleo e gás. A pesquisa possibilitou perceber o efeito da crise como agente motivador de inovações e avanços tecnológicos na indústria do petróleo, bem como a importância da sinergia entre academia e setor industrial para alavancar o desenvolvimento tecnológico por parcerias e transferência de tecnologia.

**Palavras-chave:** Bibliometria, Indústria, Inovação, Petróleo.

**Abstract:** This work presents an overview of the evolution of technology innovation in the oil and gas industry, between 2009 and 2018. This period is associated with the international financial crisis, where there was a slowdown in oil and gas production, particularly in research and development (P&D). This work covered important references available in the literature and reported a bibliometric research, using the law of Zipf. A total of 24,194 papers on the petroleum industry were researched. 1,293 of these were publications on exploration and production. 68 publications were related to the keyword Innovation. More specific, 45 documents for works related to technological dynamics in the oil industry, especially in the oil and gas exploration and production sector. The research made it possible to perceive the effect of the crisis as a motivating agent for innovations and technological advances in the oil industry, as well as the importance of the synergy between academia and the industrial sector to leverage technological development through partnerships and technology transfer.

**Keywords:** Bibliometry, Industry, Innovation, Petroleum.

## 1 INTRODUÇÃO

Pesquisas apontaram que ocorreram importantes transformações no cenário de inovação tecnológica na indústria do petróleo. É possível destacar que 10 anos após a crise internacional, que afetou profundamente grandes empresas petrolíferas no mundo, a inovação foi preponderante na pesquisa visando um crescimento frente à nova realidade (GONG, 2018; LIMA e SILVA, 2012). A avaliação da dinâmica de crescimento do setor industrial busca analisar a sua evolução, a partir de um conjunto de indicadores de desempenho e de competitividade dos setores de atividade da indústria, detalhando o comportamento de cada segmento (FRANK et al., 2016; HOSHDAR et al., 2017; LIN e XIE, 2015).

O petróleo é de suma importância para diversas indústrias de 1ª, 2ª e 3ª geração de produtos tendo em vista a obtenção dos seus derivados. É responsável por uma grande porcentagem do consumo mundial de energia e, portanto, é uma preocupação crítica para muitas nações. A distribuição mundial desigual das reservas de petróleo faz com que se torne uma matéria-prima disputada por diferentes territórios (AWARU et al., 2018; CLEWS, 2016; JAFARINEJAD, 2017; TSIGA et al., 2017). Na indústria de petróleo a inovação e tecnologia apresentam relações próximas. A incerteza econômica contribui para a necessidade contínua de inovação e avanço tecnológico permitindo que as empresas petrolíferas apresentem indicadores de crescimento (HASSANI et al., 2017; LAPERCHE et al., 2011; MARIANO et al., 2018).

Muitas organizações adotaram a transferência de tecnologia em processos eficazes de inovação de produtos para obter lucros e crescimento competitivo baseado também em novas formas de pensar e gerenciar, onde se faz necessário uma análise crítica pré e pós adotar essa nova cultura (BERS et al., 2009; CHEN et al., 2016; GLIEDT et al., 2016; JASSAWALLA e SASHITTAL, 1998). Entretanto, há evidências que apenas vinte por cento das colaborações e cooperações resultaram em sucesso que são aplicáveis à indústria (LIEW et al., 2013).

Neste contexto, o objetivo deste estudo consiste em realizar um levantamento bibliográfico de trabalhos disponíveis no domínio público acerca da importância da inovação tecnológica na indústria do petróleo com foco na exploração e produção de óleo e gás.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Frente aos desafios do novo milênio, as indústrias do petróleo buscam efetivamente o crescimento da produção de óleo e gás através do desempenho ativo para garantir a exploração sustentável dos recursos, bem como superar barreiras com o cumprimento regulatório, institucional, financeiro e técnico por meio de política e indicadores de gestão e governança (HASSANI et al., 2017; PAN et al., 2019; SRIKANTH et al., 2018; WENRUI et al., 2018).

Neste sentido a avaliação ambiental é um dos pilares das pesquisas de inovações tecnológicas, devido a complexidade e/ou diversidade de contaminantes. Assim, o foco destas pesquisas é o aumento da produção com consequente minimização ou eliminação dos efeitos nocivos ao ambiente e a saúde humana (BHUPENDRA e SANGLE, 2015; JIANG et al., 2019; SKRBIC et al., 2019; SRIKANTH et al., 2018).

Rodriguez e Wiengarten (2017) apresentaram a cultura de inovação híbrida, que significa a inovação interna e externa as empresas criando um ambiente inovador para os colaboradores. Mais especificamente consiste em conhecimento através da pesquisa com foco na inovação do processo. Programas de inovação estimulam a criatividade, refletindo diretamente no crescimento e desenvolvimento de tecnologias avançadas e alternativas (PROSKURYAKOVAA e FILIPPOVB, 2015).

## 3 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo considerando indicadores bibliométricos da produção científica e tecnológica ao longo dos 10 últimos anos na indústria do petróleo, foi baseada na lei de Zipf como modelo de distribuição e frequência de palavras. A partir da metodologia empregada foi possível encontrar uma correlação entre o número de palavras distintas e a frequência de utilização computada a partir de bases de dados nacionais e internacionais.

A pesquisa foi fundamentada com busca na base de dados Scopus, utilizando filtros como período, palavras-chave, bem como seus desdobramentos com operadores lógicos (“and” ou “or”). Foi possível avaliar de maneira

geral a produtividade científica onde diversos indicadores foram observados baseados no desenvolvimento da pesquisa acadêmica e tecnológica sobre a dinâmica da inovação tecnológica.

Durante a pesquisa foram exportadas informações necessárias para o estudo no período compreendido entre 2009 e 2018. As palavras-chave “petroleum industry”, “exploration and production”, “innovation”, “technology”, “indústria do petróleo”, “exploração e produção”, “inovação” e “tecnologia”, bem como suas variações foram utilizadas para realizar um levantamento prévio de 24.194 documentos relacionados a indústria do petróleo. A partir dos dados obtidos, 1.293 foram classificados na categoria publicações científicas em exploração e produção de óleo e gás, 68 trabalhos foram relacionados a partir da palavra-chave inovação e 45 restringem a busca realizada em dinâmica tecnológica. Este último conjunto de publicações foram efetivamente avaliados como foco do trabalho.

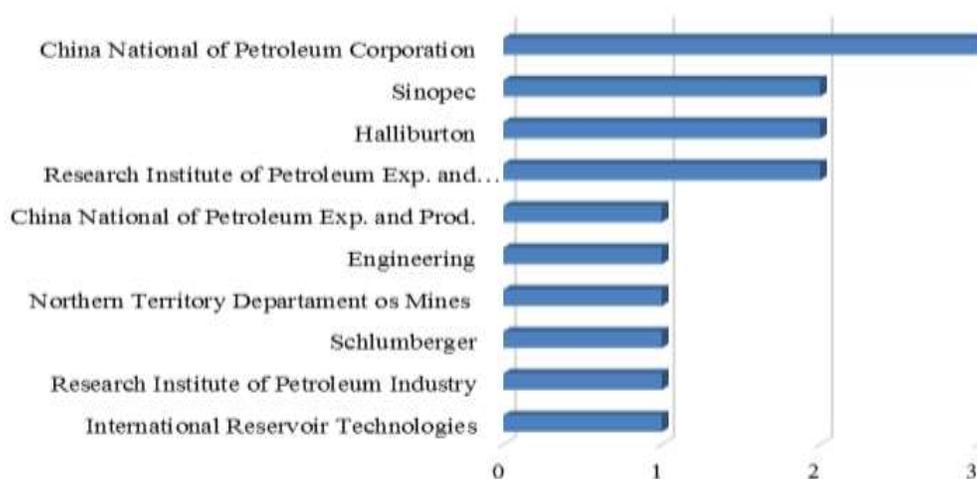
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 AVALIAÇÃO GLOBAL

Após análises dos resultados obtidos foi possível apresentar um histórico da evolução tecnológica da indústria do petróleo no mercado nacional e internacional, dentro do contexto científico, em especial na pesquisa e desenvolvimentos de técnicas inovadoras.

A Figura 1 apresenta a distribuição do número de publicações das principais instituições que desenvolveram tecnologias na área de exploração e produção de óleo e gás no mundo. Dos resultados analisados, a empresa China National Petroleum Corporation pesquisou e publicou estudos referentes às tecnologias inovadoras na área de exploração e produção destacando a importância da China como potência no mercado petrolífero nos últimos anos. De fato, observou-se que das dez principais instituições (acadêmica e industrial) que mais publicaram sobre o tema, três delas estão localizadas no país chinês.

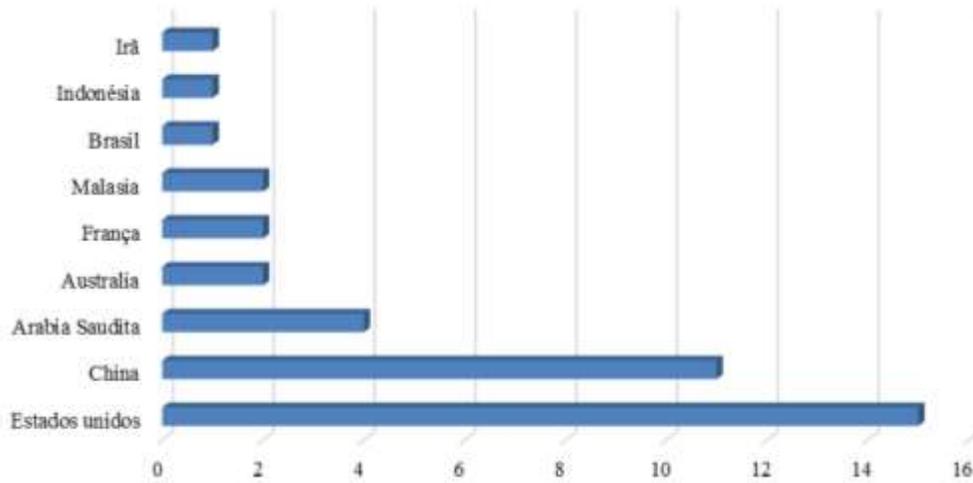
Figura 1. Número de publicações por instituições que desenvolveram pesquisas em tecnologias inovadoras entre 2009 e 2018



Fonte: Scopus (2018).

Na Figura 2 observa-se o número de publicações por países que estudaram e/ou desenvolveram tecnologias inovadoras na indústria do petróleo. É possível notar que os dois principais países que mais publicaram apresentaram 50% do total de publicações na área de tecnologias inovadoras na indústria do petróleo. Os países Estados Unidos e China apresentaram o maior crescimento em P&D na área de exploração e produção. Vale ressaltar que não são os maiores produtores de petróleo, mas sim países que estimulam parcerias entre as instituições de ensino e pesquisa e o setor industrial, através de investimentos juntamente com o setor privado, visando à criação de um ambiente favorável, em algumas situações através da transferência de tecnologia.

Figura 2. Número de publicações por países entre 2009 e 2018

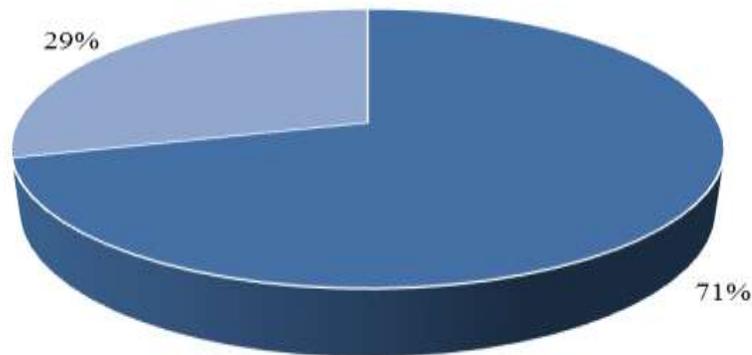


Fonte: Scopus (2018).

A distribuição de documentos publicados em conferências e em publicações em periódicos através da publicação de artigos científicos é apresentada na Figura 3. Em virtude da necessidade de tornar público o conhecimento, os autores divulgam suas pesquisas de forma ágil em conferências internacionais.

Figura 3. Formato das publicações das pesquisas disponíveis na literatura entre 2009 e 2018

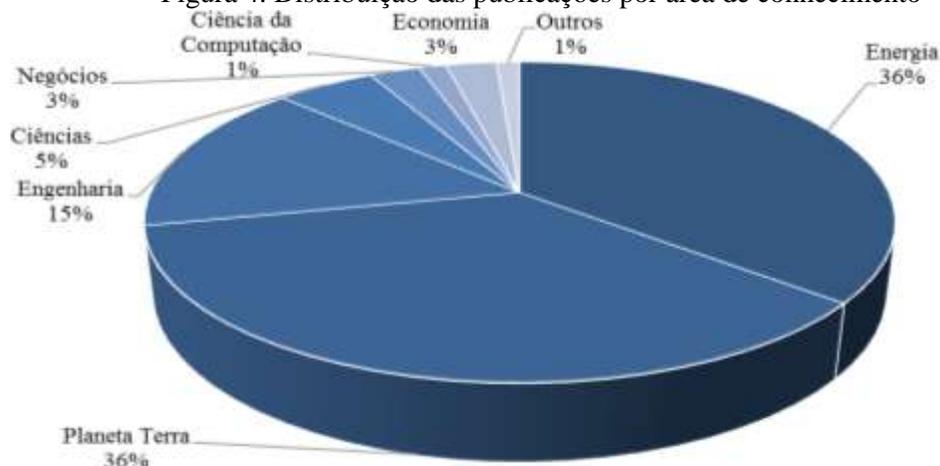
■ Conferências ■ Artigos Científicos



Fonte: Scopus (2018).

As publicações geradas por área de conhecimento são apresentadas na Figura 4. Destacam-se os maiores percentuais para as áreas de Energia e Planeta Terra. Estas apresentam características distintas no que se refere a exploração e produção de óleo e gás na indústria do petróleo. De um lado existe a abordagem ambiental de conservação e preservação dos recursos naturais, do outro lado está presente a cultura de crescimento econômico. Entretanto, é importante destacar que as publicações mais atuais estão relacionadas com o equilíbrio entre meio ambiente e exploração dos seus recursos com foco nas medidas mitigadoras.

Figura 4. Distribuição das publicações por área de conhecimento



Fonte: Scopus (2018).

### 3.2 AVALIAÇÃO CRONOLÓGICA DE DADOS

No período compreendido entre 2009 e 2018 foram encontradas 45 publicações científicas relacionadas à dinâmica da gestão e inovação tecnológica na indústria do petróleo. Foram selecionadas 02 publicações por ano voltadas para a área de gestão e/ou tecnologia. Uma visão macro destes trabalhos é apresentada com o intuito de apresentar dados relevantes à comunidade científica acerca da demonstração específica do objetivo do trabalho.

Al-Hamad e Vettical (2009) analisaram soluções que aproveitam as tecnologias modernas e aperfeiçoaram as operações gerais de exploração e perfuração, reduzindo o tempo de inatividade da sonda, mitigando riscos, melhorando a utilização de ativos e o contato com o reservatório. Os resultados indicam um aumento na produção econômica, trazendo enormes oportunidades de inovação operacional e de transformação. Os autores afirmaram ainda que a inovação operacional não deve ser confundida com a melhoria operacional. As inovações dos processos de negócios começaram a ganhar força na indústria de E&P, à medida que as empresas começaram a enxergar as oportunidades de inovação operacional com tomadas de decisão proativas e rápidas para resolução de problemas.

Veillette et al. (2009) apresentaram uma tecnologia inovadora para melhorar a produção em poços de petróleo utilizando o ácido sólido na etapa de fraturamento. Este produto de estimulação é um material inerte em condições de superfície que é bombeado como suspensão em uma operação semelhante a um tratamento típico de fraturamento. Isso permite que o processo de corrosão por fratura ocorra durante o fechamento e refluxo do poço, resolvendo assim o problema de não criar longos comprimentos de fratura gravados com ácido. Os autores afirmaram que o setor de petróleo e gás necessita de produtos inovadores e tecnologias associadas para enfrentar esse desafio e atender às necessidades futuras de energia.

El-Banbi (2010) comparou a indústria do petróleo com outras indústrias do ponto de vista de desenvolvimento de tecnologia. A comparação foi baseada em dados de pesquisa e desenvolvimento utilizando uma abordagem analítica sistemática comparando o desenvolvimento de tecnologias na indústria de petróleo com outras indústrias, além de promover a comparação entre grandes empresas de petróleo e de serviços. A investigação revelou uma correlação interessante entre a lucratividade de uma empresa e seu investimento em P&D. Indústrias estimaram que a recuperação final média da acumulação de hidrocarbonetos a esteja entre 30-35%. Alguns países e empresas colocaram níveis mais altos de recuperação que podem chegar a algo em torno de 60-70%, e isso, por sua vez, representa um desafio significativo para a atual tecnologia da indústria do petróleo.

Nashawi et al. (2010), montaram um esquema de previsão do suprimento de petróleo, fator crucial para as partes envolvidas nos negócios petrolíferos, a partir desse esquema foi possível criar um modelo multicêntrico que ajudou a trazer estabilidade e segurança ao mercado de petróleo bruto. A previsão da produção de petróleo foi confrontada por fatores flutuantes, ecológicos, econômicos e políticos, que impuseram muitas restrições à sua exploração, transporte, oferta e demanda. Dados históricos de produção de 47 países ao redor do mundo foram usados para

prever fatores flutuantes para o petróleo.

Kelechukwu (2011) estudou a inovação empresarial e tecnológica como força vital da sociedade moderna e como atende às suas necessidades energéticas. Para ter sucesso no futuro o setor de petróleo precisa de uma estratégia de negócios inovadora para tornar seus portfólios mais diversificados e desenvolver novas tecnologias que ajudarão a estabelecer as bases da sustentabilidade, investindo em parcerias que criem valor agregado. A sustentabilidade energética é um desafio complexo que envolve, entre outros, operadores da indústria do petróleo, setor privado e governo. O investimento em P&D é crucial para fornecer tecnologias eficientes por meio de parcerias com o setor privado.

Wei (2011) relatou que desde 1970 existiam pesquisas na busca de inovações tecnológicas na produção e exploração em campos de petróleo em águas profundas (entre 1.500 e 3.000 metros de profundidade). Em 2000 iniciaram estudos em campos de petróleo em águas ultra profundas (acima de 3.000 metros). Diferentes tipos de tecnologias foram desenvolvidas. Até 2011 existiam cerca de 240 unidades variadas de plataformas flutuantes para explorar e produzir óleo e gás em campos marítimos. Pesquisas geológicas, geofísicas e de engenharia para perfuração, completação e exploração do óleo e gás estão em crescente ascensão nas pesquisas. O autor afirmou que ainda existem desafios para águas profundas (campos maduros), principalmente em redução de custos.

Lima e Silva (2012) avaliaram a importância da parceria entre centros de pesquisas, universidades e a indústria focando na sinergia cooperativa entre academia e o setor produtivo. A principal empresa de petróleo no Brasil, Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras), criou o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Melo (CENPES) para suprir a carência de infraestrutura e P&D no país. A partir da institucionalização de um sistema federal para incentivar a pesquisa criou-se o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a partir desse marco foi possível aproximar e desenvolver pesquisa em conjunto no país.

Rubio (2012) descreveu uma nova maneira de monitorar e realizar operações de produção e exploração de como aumentar a produção, reduzir custos, gerenciar riscos, etc. Observou-se que a cultura é um fator importante na transformação e na capacidade de uma organização para implementar a mudança. Para o autor, as pessoas, processos e tecnologia devem estar alinhados para atingir a meta dos negócios. Se um componente estiver faltando ou desalinhado, a meta é menos provável de ser alcançada.

Paradimitriou et al. (2013) estudaram a influência do gerenciamento de informações na indústria petrolífera que investem milhares de dólares para coletar, processar e interpretar dados de ativos produtivos. Estima-se que o setor de petróleo e gás pode chegar a perder até 20% da receita anual com o gerenciamento inadequado. Os autores afirmaram que centralizando informações é possível garantir a qualidade dos dados de modo a fornecer as melhores práticas na exploração e produção de óleo e gás.

Rossini et al. (2013) apresentaram a dificuldade e possibilidades para transportar o gás natural de locais remotos para áreas industriais, onde são exigidas tecnologias inovadoras com alta eficiência e baixo custo. Tecnologias essas tais como transporte através de dutos ou navios, conversão física e química do gás em líquido através de síntese e catálise, entre outros. Uma avaliação mercadológica apropriada para cada caso específico se faz necessária, pois a relação entre custo e benefício é um dos fatores críticos para acessar áreas em reservas remotas.

Fu (2014) afirmou que é necessário um conjunto de fatores para o desenvolvimento de tecnologias para expansão do mercado petrolífero. Estímulos e suporte do governo, como políticas públicas, experiências nacional e internacional de indústrias e de mercado, reservas comprovadamente atrativas, infraestrutura e condições geológicas e geofísicas favoráveis são fatores que em sinergia que fortalecem a inovação técnica e cooperação internacional. Especificamente a China, que estava no início do desenvolvimento possivelmente enfrentaria diversos desafios tecnológicos. De acordo com o autor, essa cooperação resultaria em expansão e avanço tecnológico no mercado petrolífero.

Aplelian e Mishra (2014) avaliaram a importância e compromisso com as tecnologias de energia limpa com foco no crescimento sustentável. Apresentaram a importância da cooperação entre governo, academia e indústria, com o foco na conservação dos recursos naturais, considerando a sustentabilidade como fator primordial para desenvolvimento. Na visão dos autores, as tecnologias deveriam ser desenvolvidas e otimizadas não só economicamente, mas também energeticamente e ambientalmente.

Nayar (2015) avaliou aplicações de sistemas robóticos avançados nas áreas da indústria de produção e exploração “offshore” onde essas tecnologias teriam aplicações na inspeção e manutenção de instalações de superfície e submersas, na automação de perfuração e nos processos de produção, monitoramento e limpeza de derramamentos. O autor apresentou como benefícios a serem obtidos com tal tecnologia, a exposição reduzida de recurso humano que são submetidos a condições perigosas nas atividades de operações industriais. Além disso, maior precisão e confiabilidade nas operações poderiam ser obtidas com custo reduzido. Nayar (2015) alertou que os sistemas mais sofisticados de robótica poderiam ser usados no futuro para aplicações desafiadoras como intervenção autônoma de poços, inspeção de tubulações, manutenção e reparo em águas profundas.

McGowan (2015) investigou as limitações operacionais relacionadas a um material (elastômero) usado nos componentes de vedação dos equipamentos de perfuração da indústria de petróleo. O autor desenvolveu uma tecnologia baseada na vedação híbrida de metal-polímero que oferece desempenho de vedação significativamente aprimorado, permitindo maiores folgas de funcionamento e maior confiabilidade. As tecnologias de vedação têm suma importância na etapa de perfuração de poços, pois seu desempenho é uma questão vital de segurança operacional.

Liu (2016) afirmou que o desenvolvimento sustentável das empresas está na inovação. A inovação gerencial é o eterno tema da sobrevivência e desenvolvimento empresarial, tendo em vista, naquela época, a situação crítica relacionada a redução dos preços do petróleo. Entretanto, o principal problema da indústria petrolífera reside na compreensão de como construir modelo de inovação em gestão. As características dos negócios determinam a gestão de recursos humanos, gerenciamento de tecnologia, gerenciamento de risco. O autor descreveu a pesquisa baseada na situação atual da inovação de gerenciamento de empresas petrolíferas situadas na China.

Tang et al. (2016) avaliaram o avanço tecnológico no processo de exploração de petróleo e gás. Os autores analisaram a melhoria contínua em processos já existentes, submetendo a novas condições e intervenções. Evidenciaram que com avanço da água produzida, devido à redução de pressão das zonas de óleo e gás de um reservatório, tornam o processo de elevação ineficiente. Com inovações bem sucedidas como a extensão da tubulação de escoamento a fim de utilizar a pressão do gás como fluido de elevação e a utilização de nitrogênio a alta pressão como “gas lift” trouxeram poços “mortos” de volta a produção alterando significativamente a curva de declínio da produção de óleo e gás.

Khalil et al. (2017) afirmaram que a crescente demanda de recursos energéticos predominantes (óleo e gás) induziu ao avanço tecnológico nos processos de recuperação de hidrocarbonetos. Em ambientes de reservatórios desafiadores os nano materiais tem sido amplamente estudados para garantir o escoamento da produção de petróleo de maneira mais simples e econômica. Estudos na perfuração, cimentação, recuperação e estimulação de poços são áreas em que a nanotecnologia apresentam futuras aplicações e desafios para produção de hidrocarbonetos.

McGuire et al. (2017) avaliaram a oportunidade de usar o gás etano na injeção de poços para a recuperação avançada de petróleo através da simulação de dados. Os autores mostraram que o etano é um excelente produto podendo substituir o uso de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) devido a sua oferta limitada. Como principais características os autores observaram que o etano apresenta maior solubilidade em óleo, menores pressões mínimas de miscibilidade e melhor eficiência quando comparado ao CO<sub>2</sub>. O etano é operacionalmente mais simples, possuindo baixo custo e maior oferta.

Syed et al. (2018) foram pioneiros em fraturamento hidráulico em reservatórios de petróleo no Iraque, onde foram analisadas propriedades das rochas e a mecânica de formação para avaliar os desafios dessa nova técnica. O ganho preliminar de produção a partir do fraturamento hidráulico elevou em mais de 10 vezes a estimulação pré-trabalho, mostrando como promissor a nova técnica de desenvolver a produção e exploração no reservatório. Para os autores a análise abrangente das características do reservatório e o projeto de fraturamento adequado são fundamentais para essa conquista. Essa pesquisa será referência para futuros trabalhos de fraturamento hidráulico planejados em reservatórios no Iraque. O estudo de otimização pode servir como referência para melhorar a eficiência do fraturamento hidráulico em outros reservatórios carbonáticos.

Ahmed et al. (2018) estudaram uma técnica inovadora de acidificação que foi projetada para restaurar e melhorar a produção em poços de petróleo. Todos os fluidos químicos utilizados na acidificação foram testados no laboratório para confirmar sua compatibilidade e solubilidade com as características do reservatório. Essa técnica inovadora

melhorou a produção dos poços, onde a pressão do poço, a taxa de óleo e gás aumentaram. Com base nos resultados obtidos, uma abordagem semelhante será usada para estimular a produção do gás do Kuwait.

Com base nessa síntese das publicações disponíveis na literatura é possível perceber a diversidade de produtos, gestão, tecnologia, inovação nos últimos 10 anos relacionados à indústria do petróleo. De forma geral, destaca-se o esforço dos pesquisadores contribuindo para a melhoria contínua do desenvolvimento de toda cadeia de exploração e produção. Não foi possível identificar quantas destas pesquisas realizadas foram efetivamente implementadas pela indústria, por falta de disponibilidade de dados.

Entretanto torna-se evidente as possibilidades de investimentos em inovação para crescimento na gestão e na tecnologia, bem como a importância da interação universidade ou centros de pesquisas e empresas, em especial do ramo de petróleo de gás. Com base no anuário estatístico de 2018 da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), o Brasil apresentou nos últimos 05 anos um crescimento na produção nacional de petróleo e gás natural. Este cenário destaca-se pela pesquisa em exploração e produção em reservatórios “offshore” em águas profundas e ultraprofundas, em especial no pré-sal.

#### 4 CONCLUSÃO

De uma forma geral, o presente trabalho apresentou um panorama das publicações concernentes à gestão e inovação tecnológica nos segmentos de exploração e produção na indústria do petróleo no mundo. Foi possível observar que nos últimos dez anos, em virtude da crise econômica que afetou diretamente a indústria do petróleo, houve a necessidade das empresas se re-inventarem para superar a crise vigente. Como consequência ocorreu um considerável aumento no número de publicações em virtude da quantidade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) realizados.

É possível associar este acontecimento a dois fatores: a necessidade de crescimento frente à crise e o novo modelo de gestão das indústrias através da inovação tecnológica. Atualmente os 10 países com maior desenvolvimento em pesquisa sobre exploração e produção são responsáveis por mais de 80% das publicações que estão disponíveis em mais de 150 periódicos. Foi possível perceber a importância e a necessidade da pesquisa e desenvolvimento em tecnologias, bem como a transferência de tecnologia em parcerias indústria e academia.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI) e a Universidade Federal de Sergipe (UFS) pelo apoio para a realização do trabalho.

#### REFERENCIAS

AHMED, Z., AL-MUHANNA, D., A-ENEZI, A., PRAKASH, R., SALEM, A., MAHMOUD, W. High rate matrix acidizing technique using innovative diverter technologies to restore and improve well performance in North Kuwait Jurassic gas NKJG. **Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition**. Abu Dhabi. UAE. 29-31 January, 2018.

AL-HAMAD, M. A. VETTICAL, C. S. Technology innovation for natural gas monetization. **Digital Energy Conference & Exhibition**. Houston, Texas. USA. 7-8 April, 2009.

ANP. Anuário Estatístico 2018. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2018>>. Acesso em: 30 de Julho de 2018.

APELIAN, D., MISHRA, B. Energy efficient materials manufacturing from secondary resources. **Energy Materials**. p. 15-22, 2014.

AWARU, B. VENKATESWARAN, N., UPPARA, P., IYENGAR, S. B., KATTI, S. S. Current knowledge and potential applications of cavitation technologies for the petroleum industry. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 42, p. 493-507, 2018.

BERS, J. A., DISMUKES, J. P., MILLER, L. K., DUBROVENSKY, A. Accelerated radical innovation: Theory and application. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 76, n. 1, p. 165-177, 2009.

- BHUPENDRA, K. V., SANGLE, S. What drives successful implementation of pollution prevention and cleaner technology strategy? The role of innovative capability. **Journal of Environmental Management**. v. 155, p. 184-192, 2015.
- CHEN, J., PICKETT, T., LANGELL, A., TRANE, A., CHARLESWORTH, B., LOKEN, K., LOMBARDO, S., LANGELL, J. T. Industry-academic partnerships: an approach to accelerate innovation. **Journal of Surgical Research**. v. 205, n. 1, p. 228-233, 2016.
- CLEWS, R. J. Fundamentals of the petroleum industry. **Project Finance for the International Petroleum Industry**. 5<sup>o</sup> chapter, P. 83-99, Academic Press. San Diego, USA. 2016.
- EL-BANBI, A. Technology and Innovation: Do we do enough in our industry? **North Africa Technical Conference and Exhibition**. Cairo. Egypt. 14-17 February 2010.
- FRANK, A. G., CORTIMIGLIA, M. N., RIBEIRO, J. L. D., OLIVEIRA, L. S. The effect of innovation activities on innovation outputs in the Brazilian industry: Market-orientation vs. technology-acquisition strategies. **Research Policy**. v. 45, p. 577-592, 2016.
- FU, C. China's shale gas and shale oil resources: Opportunities and challenges. **Energy Exploration & Exploitation**. v. 32 n. 5, p. 759-770, 2014.
- GONG, B. Total-factor spillovers, similarities, and competitions in the petroleum industry. **Energy Economics**. v. 73, p. 228-238, 2018.
- GLIEDT, T., HOICKA, C. E., Jackson, N. Innovation intermediaries accelerating environmental sustainability transitions. **Journal of Cleaner Production**. v. 174, p. 1247-1261, 2018.
- HASSANI, H., SILVA, E. S., KAABI, A. M. The role of innovation and technology in sustaining the petroleum and petrochemical industry. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 119, p. 1-17, 2017.
- HOSHDAR, F., GHAZINOORY, S., ARASTI, M., FASSIHI, F. Technology planning system for the Iranian petroleum industry: Lessons learned from sanctions. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 122, p. 170-178, 2017.
- JAFARINEJAD, S. Introduction to the petroleum industry. **Petroleum Waste Treatment and Pollution Control**. p. 1-17, 2017.
- JASSAWALLA, A. R., SASHITTAL, H. C. Accelerating technology transfer: thinking about organizational pronoia. **Journal of Engineering and Technology Management**. V. 15, n. 2-3, p. 153-177, 1998.
- JIANG, Y., KHAN, A., HUANG, H., TIAN, Y., YU, X., XU, Q., MOU, L., LV, J., ZHANG, P., LIU, P., DENG, L., LI, X. Using nano-attapulgitic clay compounded hydrophilic urethane foams (AT/HUFs) as biofilm support enhances oil-refinery wastewater treatment in a biofilm membrane bioreactor. **Science of the Total Environment**. v. 646, p. 607-617, 2019.
- KHALIL, M., JAN, B. M., TONG, C. W., BERAWI, M. A. Advanced nanomaterials in oil and gas industry: Design, application and challenges. **Applied Energy**. v. 191, p. 287-310, 2017.
- KELECHUKWU, E. M. Business and technology innovation: Essential imperative for future energy sustainability. **Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition**. Jakarta. Indonesia. 20-22 September, 2011.
- LAPERCHE, B., LEFEBVRE, G., LANGLET, D. Innovation strategies of industrial groups in the global crisis: Rationalization and new paths. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 78, p. 1319-1331, 2011.
- LIEW, M. S., SHAHDAN, T. N. T., Lim, E. S. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. v. 93, n. 21, p. 1889-1896, 2013.
- LIMA, M. F. C., SILVA, M. A. Inovação em petróleo e gás no Brasil: A parceria Cenes-Petrobras e Coppe-UFRJ. **Revista Sociedade e Estado**. v. 27, n. 1, p. 97-115, 2012.
- LIN, B. XIE, X. Energy conservation potential in China's petroleum refining industry: Evidence and policy implications. **Energy Conversion and Management**. v. 91, p. 377-386, 2015.
- Liu, H. The innovation challenges of modern enterprise management for china petroleum industry and its countermeasures. **Proceedings of the International Annual Conference of the American Society for Engineering Management**. North Caroline. USA. 26-29 October, 2016.
- MARIANO, J. B., SOUZA, J. L., FILHO, N. N. Fiscal regimes for hydrocarbons exploration and production in Brazil. **Energy Policy**. v. 119, p. 620-647, 2018.

- MCGOWAN, R. New innovation improves performance and reliability of downhole plugs. **Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference**. Abu Dhabi. UAE. 9-12 November, 2015.
- MCGUIRE, P. L., OKUNO, R., GOULD, T. L., LAKE, L. W. Ethane-Based Enhanced Oil Recovery: An Innovative and profitable enhanced-oil-recovery opportunity for a low-price environment. **Improved Oil Recovery Conference**. Tulsa, Oklahoma. USA. 11-13 April, 2016
- NASHAWI, I. S., MALALLAH, A., AL-BISHARAH, M. Modeling world oil supply: Its peak production rate and time – Model Validation. **Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition**. Brisbane, Queensland. Australia. 18-20 October, 2010.
- NAYAR, H. D. Field applications for advanced robotic. **Offshore Technology Conference**. Houston, Texas. USA. 4-7 May, 2015.
- PAN, S. Y., GAO, M., SHAH, K. J., ZHENG J., PEI, S. L., CHIANG, P. C., Establishment of enhanced geothermal energy utilization plans: Barriers and strategies. **Renewable Energy**. v. 132, p. 19-32, 2019.
- PAPADIMITRIOU, G., KOZMAN, J. B., WRIGHT, D. G. Case study: effective collection and delivery of Depth-Indexed well data. **Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition**. Jakarta. Indonesia. 22-24 October, 2013.
- PROSKURYAKOVAA, L., FILIPPOVB, S. Energy technology Foresight 2030 in Russia: an outlook for safer and more efficient energy future. **Energy Procedia**. v. 75, p. 2798-2806, 2015.
- RODRIGUEZ, J. A., WIENGARTEN, F. The role of process innovativeness in the development of environmental innovativeness capability. **Journal of Cleaner Production**. v. 142, p. 2423-2434, 2017.
- ROSSINE, S., DELBIANCO, A., ZENNARO, R. Technology innovation for natural gas monetization. **Offshore Mediterranean Conference and Exhibition**. Ravenna. Italy. 20/22 March, 2013.
- RUBIO, S. S., LOCHMANN, M. J. DENVER, L., REES, D. Transformation and change in oil and gas production. **Intelligent Energy International**. Utrecht. Netherlands. 27-29 March, 2012.
- SCOPUS. Disponível em <[www.scopus.com](http://www.scopus.com)> Acesso em: 21 de Junho de 2018.
- SKRBIC, B., MLADENOVIC, N. D., ZIVANCEV, J., TADIC, D. Seasonal occurrence and cancer risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in street dust from the Novi Sad city, Serbia. **Science of the Total Environment**. v. 647, p. 191-203, 2019.
- SRIKANTH, S., KUMAR, M., PURI, S.K. Bio-electrochemical system (BES) as an innovative approach for sustainable waste management in petroleum industry. **Bioresource Technology**. v. 265, p. 506-518, 2018.
- SYED, I. H., AHMED, A. R., HATEM, R. A., ADNAN, S., YANDONG, C., WENXIN, C., CINMIN, Z., ZHAOWEI, L., JIN, O., MINGYUE, C., DING, Y., ZHU, D., LIANG, C., THESEIRA, K., FAIZ, M., MURAD, M. A. Pioneering the first hydraulic fracturing in Iraq's complex reservoir. **Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition**. Abu Dhabi. UAE. 29-31 January, 2018.
- TANG, X., DOU, L. WANG, R., WANG, J., WANG, S., WANG, J., SHI, J. Innovations of gas lift in prolific, long-perforations, and multilayered wells, case study in Sudan. **African Energy Technology and Conference**. Nairobi, Kenya. Africa. 5-7 December, 2016.
- TSIGA, Z., EMES, M., SMITH, A. Critical success factors for projects in the petroleum industry. **Procedia Computer Science**. v. 121, p. 224-231, 2017.
- VEILLETTE, C. P., CUZELLA, J., MUELLER, F. A., LOAYZA, M. P., STILL, J. W., GURMEN, M. N. Introduction of an innovative acid-fracturing system to Edwards Limestone in South Texas. **International Petroleum Technology Conference**. Doha. Qatar. 7-9 December, 2009.
- WEI, C. Status and challenges of Chinese Deepwater oil and gas development. **Petroleum Science**. v. 8, p. 477-484, 2011.
- WENRUI, H., YI, W., JINGWEI, B. Development of the theory and technology for low permeability reservoirs in China. **Petroleum Exploration and Development**. v. 45 (4), p. 685-697, 2018.