



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SALINÓPOLIS  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE  
POÇO**

Alex Pinheiro Ribeiro Júnior <sup>1</sup>

Trabalho apresentado na Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia, curso de graduação de Engenharia de Exploração e Produção de Petróleo, como requisito parcial para a conclusão da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Dr. THIAGO RAFAEL DA SILVA  
MOURA

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Exploração e Produção de Petróleo (UFPA). E-mail: falecomaj@gmail.com

## RESUMO

O controle de poços representa uma das etapas mais críticas da indústria petrolífera, pois falhas operacionais nesse processo podem resultar em eventos severos, como *kicks* e *blowouts*, ocasionando prejuízos econômicos significativos, danos ambientais e riscos à vida humana. Diante dessa relevância, o presente estudo realizou uma prospecção tecnológica sobre os principais equipamentos, métodos e inovações voltados ao controle de poços de petróleo, com o objetivo de identificar tendências emergentes e o panorama global de desenvolvimento tecnológico. A pesquisa adotou uma abordagem bibliográfica e patentária, de caráter qualitativo e quantitativo, utilizando as bases Scopus e Web of Science para levantamento de artigos científicos e os bancos INPI e Patentscope (WIPO) para análise de depósitos de patentes no período de 2010 a 2025. Foram aplicados filtros de idioma (português, inglês e espanhol), tipo de documento (artigos científicos) e relevância (mínimo de sete citações). Os resultados evidenciaram uma forte assimetria entre o cenário nacional e o internacional: enquanto o Patentscope registrou mais de 8.500 depósitos de patentes, o INPI contabilizou apenas 28 registros, majoritariamente de origem estrangeira. No campo científico, observou-se crescimento expressivo da produção na China, Estados Unidos e Rússia, com destaque para instituições de pesquisa chinesas e grandes empresas multinacionais do setor, contrastando com a participação ainda modesta e irregular do Brasil. Entre as tecnologias mais recorrentes, destacam-se os sistemas de monitoramento em tempo real, as válvulas de segurança avançadas e as inovações em *Blowout Preventers* (BOPs). Além disso, constatou-se que as tecnologias de controle de pressão aplicadas à etapa de cimentação vêm sendo amplamente utilizadas na indústria, com destaque para as patentes CN114526053 e CN119553990, identificadas como referências atuais em controle de poço. Em síntese, o trabalho contribui para o mapeamento de estudos relacionados ao controle de poços, evidenciando lacunas relevantes e reforçando a necessidade de integração entre academia, indústria e políticas públicas para o fortalecimento da inovação tecnológica no setor petrolífero.

Palavras-chave: Controle de Poço; Prospecção Tecnológica; Managed Pressure Drilling (MPD); Cimentação sob Pressão Gerenciada (MPC); Automação em Engenharia de Poços.


## ABSTRACT

Well control represents one of the most critical stages in the oil and gas industry, as operational failures during this process can lead to severe events such as *kicks* and *blowouts*, resulting in significant economic losses, environmental damage, and threats to human life. Given its relevance, this study carried out a technological prospection focused on the main equipment, methods, and innovations related to well control, aiming to identify emerging trends and the global panorama of technological development. The research adopted a bibliographic and patent-based approach, both qualitative and quantitative, using the Scopus and Web of Science databases for scientific articles and the INPI and Patentscope (WIPO) databases for patent analysis covering the period from 2010 to 2025. Filters were applied for language (Portuguese, English, and Spanish), document type (scientific articles), and relevance (minimum of seven citations). The results revealed a strong asymmetry between the national and international scenarios: while Patentscope recorded more than 8,500 patent filings, the INPI registered only 28, most of which were of foreign origin. In the scientific domain, a significant growth in research output was observed in countries such as China, the United States, and Russia, with emphasis on Chinese research institutions and major multinational companies in the sector, contrasting with Brazil's still modest and irregular participation. Among the most recurrent technologies, real-time monitoring systems, advanced safety valves, and innovations in Blowout Preventers (BOPs) stand out. Furthermore, it was found that pressure control technologies applied to the cementing stage are widely used in the industry, particularly the CN114526053 and CN119553990 patents, identified as current references in well control. In summary, this work contributes to the mapping of studies related to well control, highlighting significant gaps and reinforcing the need for greater integration between academia, industry, and public policies to strengthen technological innovation in the oil and gas sector.

Keywords: Well Control; Technological Prospection; Managed Pressure Drilling (MPD); Managed Pressure Cementing (MPC); Automation in Well Engineering


Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) aprovado por:

## BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 **THIAGO RAFAEL DA SILVA MOURA**  
Data: 19/12/2025 10:32:54-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Thiago Rafael da Silva Moura  
Universidade Federal do Pará – Presidente

Documento assinado digitalmente  
 **FRANCISCO JUNIOR NASCIMENTO DA SILVA**  
Data: 20/12/2025 17:04:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Ms. Francisco Junior Nascimento da Silva  
Universidade Norte do Paraná – Membro Externo

Documento assinado digitalmente  
 **JOSE LEAO DE LUNA**  
Data: 19/12/2025 15:57:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. José Leão de Luna Universidade  
Federal do Pará – Membro Interno

Assinatura do Orientador: \_\_\_\_\_

Data de submissão: \_\_\_ 30 \_\_\_ / \_\_\_ 10 \_\_\_ / \_\_\_ 2025 \_\_\_

Data de aprovação: \_\_\_ 12 \_\_\_ / \_\_\_ 12 \_\_\_ / \_\_\_ 2025 \_\_\_

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que uma das principais fontes de energia utilizada nos dias de hoje provém do petróleo em conjunto com o gás natural. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA - International Energy Agency) (2021) cerca de 54,1% da matriz energética mundial é composta por petróleo e gás natural somados (LEITE FILHO, 2022).

Sendo tamanha sua dimensão, entende-se o quão complexo pode vir a ser a gama de situações de adversidade vivenciadas durante toda a cadeia produtiva do petróleo. A partir desse cenário, fica evidente a necessidade de listar, definir e prevenir os principais problemas que podem acontecer durante a perfuração de poços, como é o caso do *kick* e do *blowout* (SANTANA et al., 2021).

O controle de poço é voltado à prevenção de incidentes como *kicks* e *blowouts*, que podem comprometer as operações e ocasionar sérios impactos econômicos e ambientais. Envolve a aplicação de métodos, equipamentos e práticas especializadas, que vêm evoluindo continuamente para atender às demandas cada vez mais rigorosas da indústria de petróleo e gás.

De forma direta, o controle de poço pode ser definido como uma série de procedimentos a serem executados sobre a pressão das formações perfuradas a fim de evitar o fluxo de hidrocarbonetos dessas formações para o poço durante as operações de perfuração e os métodos a serem utilizados para combater esse influxo, caso ele ocorra (COSTA, 2011).

Pode-se listar os procedimentos de *well control* em três níveis. São eles:

- 1) Controle primário: Consiste na ação da pressão hidrostática exercida pelo fluido de perfuração sobre a formação rochosa. Para garantir a estabilidade do poço, a pressão do fluido deve ser mantida superior à pressão dos poros da rocha a ser perfurada. Quando essa condição não é atendida de forma adequada, pode ocorrer um *kick*, que é a entrada indesejada e inesperada de fluidos da formação para o interior do poço (LINDI, 2017).
- 2) Controle secundário: Refere-se ao conjunto de equipamentos de segurança utilizados quando o controle primário é perdido. Nessa fase, o *kick* já ocorreu, e o objetivo passa a ser conter esse influxo para evitar a progressão para um *blowout*. O equipamento utilizado para essa prevenção é um conjunto de válvulas que permite fechar o poço, *blowout preventer* (BOP) (GOMES, 2007).
- 3) Controle terciário: Caso o controle secundário não seja eficaz e o *blowout* ocorra, recorre-se ao controle terciário, que envolve a adoção de medidas especiais e de contingência para retomar o controle do poço. Nessa situação crítica, técnicas avançadas são necessárias para

conter o fluxo descontrolado de fluidos da formação, geralmente por meio de operações como intervenções com poços de alívio (*relief wells*) ou o uso de equipamentos de contenção de emergência (GRACE, 2017).

Considerando a diversidade de cenários operacionais que demandam o domínio de tecnologias voltadas ao controle de poço ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a fase de perfuração até a produção, torna-se essencial a prospecção e o mapeamento das tendências tecnológicas emergentes nesta área. O avanço contínuo de métodos e equipamentos voltados à contenção de influxos indesejados e à manutenção da integridade do poço reflete a crescente complexidade das operações em ambientes onshore e offshore, especialmente em formações de alta pressão e alta temperatura.

As operações de perfuração são classificadas como uma das ocupações mais perigosas do mundo e abrangem uma ampla gama de possíveis lesões, ameaças à vida, riscos ambientais e consequências econômicas negativas. Dadas essas ameaças de lesão e dano oriundas de rompimentos de poços de petróleo, é essencial revisar criticamente e potencialmente atualizar os conceitos de segurança e padrões de perfuração para erradicar ou pelo menos minimizar as consequências adversas (ABDALI et al., 2021).

Nesse sentido, a prospecção tecnológica é uma ferramenta importante para analisar o cenário atual e projetar tendências futuras no desenvolvimento de equipamentos e métodos de controle de poço. Identificar as inovações, compreender suas aplicações práticas e avaliar seus benefícios são passos fundamentais para enfrentar os desafios contemporâneos do setor.

Portanto, é necessário prospectar a área de interesse e encontrar novas tecnologias para identificar as melhores oportunidades de investimento e crescimento de mercado na região que está sendo monitorada (DA SILVA, 2023).

De acordo com Kupfer e Tigre (2004), Prospecção Tecnológica pode ser definida como um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo. Diferentemente das atividades de previsão clássica, que se dedicam a antecipar um futuro suposto como único, os exercícios de prospecção são construídos a partir da premissa de que são vários os futuros possíveis.

Além disso, a pesquisa tecnológica permite mapear lacunas existentes e apontar caminhos para investimentos que promovam avanços tanto em eficiência operacional como em sustentabilidade ambiental.

Nesse sentido, os estudos de Prospecção Tecnológica são de fundamental importância e constituem a ferramenta básica para orientar os esforços empreendidos para o desenvolvimento de tecnologias. Hoje, eles são componentes fundamentais como subsídios para ampliar a capacidade de antecipação e estimulam a organização dos sistemas de inovação, não somente no âmbito empresarial, mas, também, no meio acadêmico. As mudanças tecnológicas, ocorridas nas duas últimas décadas, indicam que ainda virão muitas inovações, o que torna necessária a compreensão das forças que orientarão o futuro (AMPARO et al., 2012).

Partindo desse cenário, este estudo tem como objetivo identificar e analisar as principais fontes científicas e técnicas relacionadas ao controle de poço, bem como mapear as pesquisas nessa área. O estudo buscará responder questões centrais, como os principais pólos de investimento em pesquisa e desenvolvimento, as áreas temáticas mais recorrentes, os autores e grupos de pesquisa de maior relevância e influência, além das metodologias e tecnologias mais utilizadas atualmente pela indústria do petróleo no controle efetivo de poços. Dessa forma, pretende-se traçar um panorama das tendências emergentes, contribuindo para o entendimento do estado da arte e subsidiando futuras aplicações e inovações no setor.

O método adotado neste trabalho teve como objetivo diagnosticar a quantidade de publicações que trabalharam com aplicação específica desta temática nos últimos anos. Os artigos encontrados foram quantificados e analisados sob diferentes aspectos, a saber: distribuição de artigos científicos por países, por ano e por área de conhecimento (Adaptado de FRANÇA et al., 2021).

Como a informação tecnológica é um dos requisitos indispensáveis para a realização de estudos de prospecção para a área acadêmica e científica, ela deve ser obtida através de fontes confiáveis e contínuas. Sendo assim, a informação tecnológica pode ser definida como todo tipo de conhecimento relacionado com o modo de fazer um produto ou prestar um serviço para colocá-lo no mercado (AMPARO et al., 2012).

Para a construção deste estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter quantitativo, com foco nas tecnologias e tendências em equipamentos utilizados no controle de poço. A principal fonte de informações foi a base de dados Scopus, complementada por uma pesquisa de quantificação na Web of Science. Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, abrangendo: introdução; referencial teórico com os principais temas abordados; metodologia; apresentação e discussão dos resultados; e conclusão, com sugestões para pesquisas futuras e contribuições ao setor petrolífero.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Este é um trabalho que tem como objetivo geral identificar e analisar, a partir de prospecção tecnológica, as principais fontes científicas e técnicas relacionadas ao controle de poço.

### 1.1.1 Objetivo Específico

- Mapear patentes nos bancos de dados do INPI e da Patentscope;
- Quantificar publicações científicas (Scopus e Web of Science);
- Identificar os principais pontos fortes sobre inovações sobre o tema de controle de poço;
- Mapear tendências tecnológicas emergentes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONTROLE DE POÇO

Em linhas gerais, o controle de poço pode ser compreendido como o conjunto de procedimentos a serem executados em decorrência da pressão das formações perfuradas visando evitar o fluxo de hidrocarbonetos destas formações para o poço durante as operações de perfuração e as metodologias a serem utilizadas para se combater incidentes (COSTA; LOPEZ, 2011).

Nesse contexto, antes de abordar de forma aprofundada os conceitos e métodos de controle de poço, é fundamental apresentar as definições relacionadas aos fluxos, incidentes e demais eventos que podem ocorrer durante as operações.

Ao longo da história da indústria de petróleo e gás, eventos relacionados à perda de controle de poços, como kicks e blowouts, têm sido responsáveis por acidentes de grande magnitude, com impactos humanos, ambientais e econômicos significativos. Esses eventos geralmente estão associados a falhas no controle das pressões de formação, na detecção precoce de influxos ou na atuação inadequada de sistemas de segurança, como os Blowout Preventers (BOPs). O blowout do poço Macondo, ocorrido em 2010 no Golfo do México, é um dos casos mais emblemáticos, evidenciando as consequências de falhas no controle de poços e reforçando a necessidade de aprimoramento contínuo das práticas de segurança operacional (National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill, 2011).

Outros acidentes históricos, como o desastre da plataforma Piper Alpha, em 1988, no Mar do Norte, também demonstram a criticidade dos sistemas de segurança e controle operacional na prevenção de eventos catastróficos (Cullen, 1990). Diante desse histórico, observa-se que muitos

dos avanços tecnológicos na indústria petrolífera, incluindo o desenvolvimento de técnicas como o Managed Pressure Drilling (MPD), sistemas de monitoramento em tempo real e equipamentos de segurança mais robustos, foram impulsionados pela necessidade de redução de riscos operacionais e prevenção de acidentes graves. Nesse contexto, a prospecção tecnológica aplicada ao controle de poços contribui diretamente para o fortalecimento da segurança de processos e para a mitigação de riscos nas operações de petróleo e gás (Grace, 2017).

### 2.1.1 *Kicks*

Durante a perfuração do poço, um fluido de perfuração é bombeado pela coluna de perfuração, saindo pelos jatos da broca e circulando de volta até a superfície. Esse fluido tem diversas funções, sendo uma das principais exercer uma pressão no fundo do poço superior à pressão dos poros da formação, ajudando a manter a estabilidade do poço. No entanto, se a pressão do fluido de perfuração for inferior à pressão dos poros e a formação for permeável, pode ocorrer a entrada de um fluido indesejado, como água, óleo ou gás, no poço. Esse tipo de fluido é conhecido como kick (AZEVEDO, 2017).

A maior preocupação está ligada ao kick de gás, principalmente devido à sua compressibilidade. No entanto, é importante destacar que, em um kick de óleo, há presença de gás associado, que é liberado no processo. Por ser menos denso que o fluido de perfuração, o gás tende a ascender em direção à superfície. Durante esse trajeto, a redução da pressão permite sua expansão, ocupando um volume maior no interior do poço. Isso desencadeia uma série de problemas, já que o aumento do volume de gás reduz a quantidade de fluido de perfuração, resultando em uma queda na pressão do poço e, conseqüentemente, no aumento do influxo. Ao atingir a superfície, o kick pode evoluir para um blowout. Em operações offshore, também existe o risco de um blowout submarino, quando o influxo ocorre diretamente no fundo do mar (SANTOS, 2013).

O kick pode ter diversas causas associadas às condições do poço e à execução das operações de perfuração. Uma das causas está relacionada à falta de ataque ao poço, que ocorre quando a retirada da coluna de perfuração reduz a pressão hidrostática, já que o volume de aço removido não é imediatamente substituído por lama. Para evitar esse problema, é essencial manter o nível de lama no poço, garantindo que a pressão no fundo seja restabelecida (SANTOS, 2013).

Um bom entendimento das possíveis causas de um kick é um requisito precípua para planejar um poço e os procedimentos de perfuração de modo que a possibilidade de ocorrência de

um kick seja minimizada. Há duas condições necessárias para um kick: a pressão da formação deve ser maior do que a da pressão no poço e a formação deve ser porosa e permeável (GALVES, 2013).

### 2.1.2 *Blowout*

Se os sinais de kick não forem identificados e controlados de maneira adequada, a chance de ocorrer um blowout torna-se extremamente elevada. Nesses casos, é necessário adotar medidas rigorosas para conter essa situação indesejada. O blowout é caracterizado como um fluxo descontrolado de fluido da formação, cuja pressão é capaz de causar danos aos equipamentos da sonda e representar um risco significativo às pessoas que trabalham no local. (SANTANA; CAMPOS; CARDOSO, 2021).

Segundo Santos (2013), o *blowout* é caracterizado pelo fluxo incontrolável de fluidos provenientes do reservatório, que, ao alcançar o interior do poço, pode ser expelido para a superfície terrestre, para o fundo do mar ou para outra formação geológica exposta. Esse tipo de ocorrência está associado a riscos significativos, como a perda de vidas humanas, danos a equipamentos e às reservas, prejuízos à imagem da empresa operadora, além de impactos ambientais severos. O autor classifica os *blowouts* em quatro tipos principais: superficial, quando o influxo atinge a superfície por meio do próprio poço; crateramento, quando o fluxo rompe a superfície através de fraturas nas formações, formando crateras; submarino, caracterizado pela liberação dos fluidos no leito marinho; e subterrâneo (*underground blowout*), quando o fluxo migra de uma formação produtora para outra não revestida ao longo do poço.

O *blowout* não ocorre de forma repentina, mas é precedido pela perda de controle da pressão hidrostática do fluido de perfuração, permitindo a entrada de fluidos da formação no poço (*kick*). Caso esse *kick* não seja controlado, pode evoluir para um fluxo descontrolado. Por isso, o controle de poço é essencial para manter o equilíbrio de pressões e prevenir acidentes.

## 2.2 MÉTODOS DE CONTROLE DE POÇO

Durante a etapa de perfuração, é fundamental realizar um acompanhamento rigoroso dos volumes de fluido que entram e saem do poço. Existem diversos sinais que podem indicar a possibilidade de um kick. Quando esses sinais são detectados com antecedência e analisados de forma adequada, é possível adotar medidas preventivas para evitar um aumento significativo do influxo (AZEVEDO, 2017).

Após a identificação do kick, não é viável manter o poço fechado por tempo indeterminado, pois isso pode causar danos às formações, ao revestimento e aos equipamentos de cabeça de poço. Por outro lado, deixar o poço fechado pode resultar na expansão do gás, aumentar os riscos de incêndio, causar danos à sonda e dificultar o acesso ao poço quando o fluido atingir a superfície. A solução para esse cenário é permitir a expansão controlada do gás enquanto ele é deslocado ou circulado para fora do poço (SANTOS, 2013).

Quando um kick ocorre, é necessário adotar um método de controle apropriado para sua remoção. A maioria das técnicas de controle de poço baseia-se no princípio de manter a pressão no fundo do poço constante ao longo de toda a circulação do kick, prevenindo novos influxos de fluidos da formação. Além disso, é considerada uma margem de segurança, geralmente correspondente às perdas de carga no espaço anular do poço. Esse valor, geralmente pequeno, ajuda a evitar fraturas na formação durante o processo de circulação (THOMAS, 2004).

### 2.3 TECNOLOGIAS MODERNAS UTILIZADAS NO CONTROLE DE POÇO

A evolução tecnológica na indústria do petróleo tem permitido o desenvolvimento de soluções cada vez mais sofisticadas, voltadas à segurança, eficiência e sustentabilidade das operações, especialmente em ambientes offshore e em poços de alta pressão e alta temperatura (HPHT). O controle de poço é um dos pilares fundamentais na perfuração e produção de petróleo, uma vez que visa garantir a estabilidade desses processos. O domínio dessas tecnologias tornou-se indispensável para assegurar a integridade estrutural dos poços e prevenir falhas operacionais com elevado potencial de risco ambiental e humano. Segundo Grace (2017), falhas nesse processo representam as causas mais críticas de acidentes e perdas econômicas na indústria de petróleo, tornando indispensável o aprimoramento contínuo de métodos e equipamentos voltados à segurança operacional.

Atualmente as tecnologias que vem sendo mais utilizadas e aplicadas nas fases de perfuração e produção, destacam-se os sistemas automatizados de controle de influxo, os métodos de perfuração com pressão gerenciada (Managed Pressure Drilling – MPD), os sistemas de monitoramento em tempo real, as inovações em válvulas de segurança e blowout preventers (BOPs), além dos avanços em interfaces homem-máquina. De acordo com Gomes (2007) e Lindi (2017), tais tecnologias representam um avanço expressivo no controle primário e secundário do poço, permitindo respostas mais rápidas e eficazes diante de anomalias de pressão. Além disso, estudos recentes indicam que a integração de sensores inteligentes e softwares preditivos tem se

tornado essencial para evitar a perda de controle do poço e otimizar a resposta operacional durante as fases críticas de perfuração e produção (Grace, 2017; Abdali et al., 2021).

A perfuração com pressão gerenciada (Managed Pressure Drilling – MPD) é uma técnica amplamente difundida na indústria moderna. Esse método permite o controle contínuo e preciso da pressão anular durante a perfuração, mantendo-a próxima à pressão de poros da formação e evitando influxos ou fraturas. De acordo com a International Association of Oil & Gas Producers (IOGP, 2024), a aplicação do MPD tem se expandido globalmente, sendo uma das principais alternativas tecnológicas para mitigar riscos associados ao controle de poços em perfuração complexas.

Outro destaque importante está nos sistemas de monitoramento em tempo real e nas inovações em equipamentos de prevenção de blowout (BOPs). Os sistemas de monitoramento integrados combinam sensores de superfície e de fundo de poço capazes de medir continuamente parâmetros críticos, como pressão, vazão e temperatura, transmitindo os dados a centros de controle remoto. Já os novos modelos de BOP incorporam sensores embarcados, redundância hidráulica e materiais de alta resistência, permitindo uma atuação mais segura e eficiente. Aliados a isso, os avanços em interfaces homem-máquina e em tecnologias cognitivas têm reduzido consideravelmente o erro humano, ao integrar sistemas de feedback visual e monitoramento da atenção do operador durante manobras críticas (IOGP, 2024; GRACE, 2017).

## 2.4 PROSPECCÃO TECNOLÓGICA

A prospecção tecnológica consiste em um conjunto de métodos e técnicas sistemáticas voltadas à identificação, monitoramento e análise de tendências científicas e tecnológicas emergentes, com o objetivo de subsidiar processos de tomada de decisão estratégica em setores produtivos e acadêmicos. Diferentemente de abordagens tradicionais de previsão, a prospecção tecnológica considera múltiplos futuros possíveis, permitindo a antecipação de oportunidades e riscos associados ao desenvolvimento tecnológico (Kupfer; Tigre, 2004).

No contexto da engenharia e da indústria do petróleo, a prospecção tecnológica tem sido amplamente empregada para mapear inovações em equipamentos, processos e sistemas de segurança, especialmente em áreas críticas como o controle de poços. A análise integrada de documentos de patentes e publicações científicas possibilita identificar rotas tecnológicas dominantes, principais atores envolvidos e lacunas de inovação existentes, contribuindo para o direcionamento de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (Amparo et al., 2012).

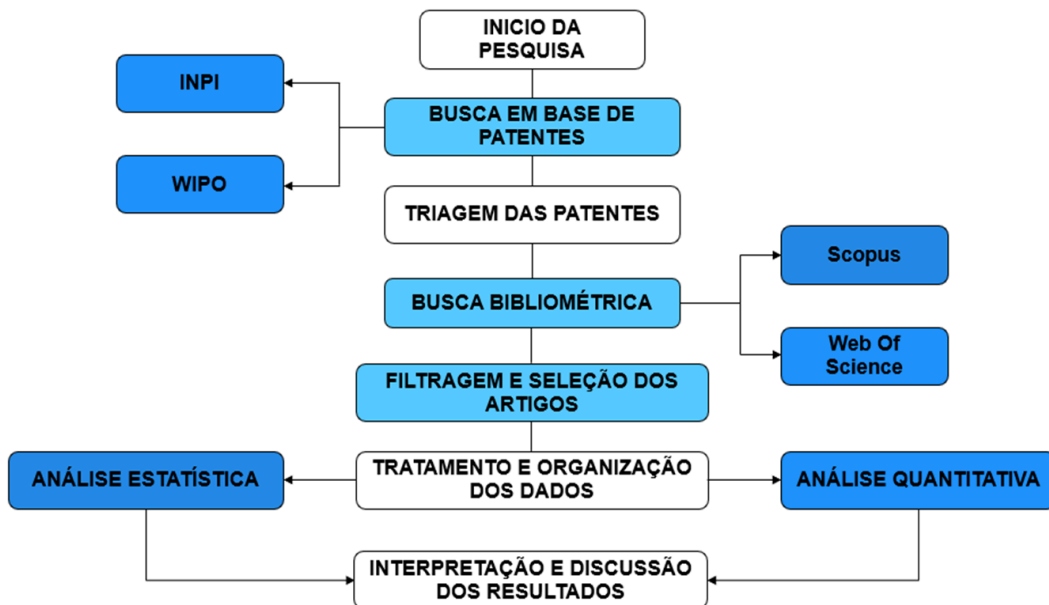
Dessa forma, a aplicação da prospecção tecnológica no controle de poços permite compreender a evolução das soluções voltadas à mitigação de riscos operacionais, bem como avaliar o alinhamento entre a produção científica e o desenvolvimento tecnológico efetivamente protegido por patentes.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma pesquisa de prospecção tecnológica abordando análises de patentes e bibliométrica de caráter quantitativo, com foco nas tendências e abordagens aplicadas ao controle de poços (*well control*).

A metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa foi estruturada em três etapas principais. A primeira consistiu no mapeamento patentário de tecnologias nos bancos de dados do INPI e do Patentscope. Em seguida, foi realizada a análise bibliométrica, com o objetivo de identificar tendências e padrões relevantes. Por fim, a terceira etapa envolveu a análise e discussão dos resultados obtidos, permitindo a interpretação crítica das informações levantadas conforme o Fluxograma 1.

**Fluxograma 1:** Fluxograma esquemático da metodologia.



Fonte: Autor com base nos dados do INPI.

O método de monitoramento tecnológico realizado neste estudo consistiu na utilização de informações obtidas de documentos de patentes de duas plataformas de pesquisas diferentes, sendo

a primeira o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) e o segundo sendo o PATENTSCOPE (DA SILVA, 2023).

A escolha das patentes analisadas em maior profundidade baseou-se em critérios técnicos e metodológicos, priorizando documentos da base Patentscope (WIPO) diretamente relacionados ao controle ativo da pressão do poço, à prevenção de kicks e à mitigação de blowouts. A seleção considerou a análise do título e do resumo, a presença de sistemas automatizados e de monitoramento em tempo real, o alinhamento com os conceitos de Managed Pressure Drilling (MPD) e Managed Pressure Cementing (MPC), bem como a atualidade dos depósitos. Com base nesses critérios, foram selecionadas as patentes “Controle de Pressão de Poço por Eixo de Cimentação” e o sistema automatizado de controle de pressão e fluxo durante a cimentação de poços, por representarem soluções relevantes para a redução de riscos operacionais e a integridade do poço.

Os dados bibliométricos analisados foram obtidos a partir de produções científicas recuperadas por meio de buscas realizadas na base de dados da Scopus e Web Of Science, utilizando como campo de busca os tópicos título, resumo e palavras-chave (Adaptado de DA SILVA, 2022).

Segundo Pizzani (2012), para realizar pesquisas bibliográficas em bancos de dados deve ser utilizado a seguinte forma de operadores booleanos AND, OR e NOT e outras técnicas, com objetivo de facilitar o processo de busca e seleção das informações pretendidas.

Foram empregadas as seguintes combinações de palavras-chave para a obtenção dos resultados.

- "*kick*" OR "*gas influx*" OR "*well kick*";
- "*well control*" OR "*pressure control*" OR "*blowout preventer*" AND "*petroleum*" NOT "*kick well*";
- "*kick*" OR "*blowout preventer*" OR "*well control*".

As estratégias de busca empregadas neste estudo utilizaram operadores booleanos, os quais permitem refinar e combinar termos de pesquisa de forma lógica. O operador *AND* foi utilizado para restringir os resultados à interseção entre dois ou mais termos, garantindo maior especificidade. O operador *OR* permitiu ampliar a busca, recuperando documentos que contivessem pelo menos um dos termos associados. Já o operador *NOT* foi empregado para excluir termos indesejados, evitando resultados fora do escopo da pesquisa. A utilização desses operadores possibilitou maior precisão e relevância na recuperação das informações científicas e patentárias.

Para a recuperação das informações científicas, fez-se uma busca restritiva no período compreendido de 2010 a 2025, onde utilizou-se as palavras-chaves “*Kicks*”, “*Blowout*” e “*Well Control*” e considerou-se os trabalhos, resumos e palavras-chaves que apresentaram um ou mais desses termos. Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: artigos científicos publicados durante esse período, com foco específico em tecnologias ou abordagens aplicadas ao controle de poços. Excluíram-se documentos do tipo: análises, conferências, capítulos de livros, cartas, livros, editoriais e pesquisas curtas (DA SILVA, 2023).

Nas buscas realizadas na base Scopus, aplicaram-se filtros adicionais: idioma (português, inglês e espanhol), tipo de documento (artigo científico), e ordenação por citações (pelo menos 7), conforme orientação metodológica descrita por Santos et al. (2018). A combinação desses filtros permitiu delimitar um conjunto mais representativo e tecnicamente relevante para a análise. Além disso, os artigos foram analisados quanto à presença dos termos-chave no resumo (abstract) e à discussão sobre equipamentos ou tecnologias ligadas ao controle de poços.

Para aprimorar a profundidade da investigação, os dados extraídos da base Scopus foram priorizados na fase de análise bibliométrica, dada a maior riqueza de metadados oferecida por essa base em comparação à Web of Science (FRANÇA et al., 2021). Dessa forma, a escolha metodológica visou garantir uma visão mais abrangente sobre as instituições, autores, países e tendências tecnológicas relacionadas ao tema proposto.

A prospecção também considerou aspectos quantitativos, como distribuição temporal das publicações, distribuição geográfica por países e análise das principais áreas temáticas, revistas e instituições envolvidas. O uso combinado das duas bases permitiu maior confiabilidade nos dados e uma visão comparativa entre as fontes de informação científica (AMPARO et al., 2012).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A presente coleta de dados foi concluída para a elaboração da discussão acerca da prospecção tecnológica voltada ao controle de poços de petróleo. Foram apresentados os resultados detalhados com as informações e os dados relevantes, possibilitando a visualização da evolução temporal das tecnologias aplicadas à prevenção e mitigação de incidentes, como kicks e blowouts. A seguir, são elencados os resultados obtidos, com base nas etapas metodológicas da pesquisa.

A análise dos depósitos patentários relacionados ao controle de poços de petróleo, com foco na segurança operacional, evidencia a tendência de crescimento do interesse mundial pelo tema, especialmente por empresas e instituições de desenvolvimento tecnológico. Esse aumento está

diretamente relacionado à necessidade de mitigar riscos durante as operações de perfuração e produção, garantindo maior proteção aos trabalhadores e à integridade dos ativos.

#### 4.1 RESULTADOS DE BUSCAS DE PATENTES

O mapeamento das palavras-chave nos bancos de patentes pesquisados, em âmbito nacional e internacional, encontra-se na Tabela 1 e Tabela 2. As buscas das patentes depositadas foram parametrizadas para exibir resultados ao longo de 15 anos, compreendendo o período de 2010 a 2025.

**Tabela 1** - Estratégia de busca no INPI

Combinações de palavras	Encontrados	Processados
Controle de poço AND petróleo	11	11
Controle de pressão AND poços de petróleo	14	12
Controle de poço AND blowout AND Kicks	0	0
Equipamentos AND segurança AND poços de petróleo	3	3
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>26</b>

Fonte: Autor com base nos dados do INPI.

**Tabela 2** - Estratégia de busca no Patentscope (WIPO)

Combinações de palavras	Encontrados	Processados
Well control AND petroleum	7.163	11
Pressure control AND oil wells	1170	8
Well control AND blowout AND kicks	0	0
Equipment AND safety AND oil wells	187	9
<b>Total</b>	<b>8.520</b>	<b>28</b>

Fonte: Autor com base nos dados da Patentscope (WIPO).

Foram adotadas estratégias de busca semelhantes nas duas bases de dados utilizadas, tanto no INPI quanto no WIPO. Durante as buscas no INPI, não foi aplicado nenhum operador de truncagem, uma vez que o objetivo era recuperar o maior número possível de registros relacionados ao tema. Na plataforma Patentscope, entretanto, a variação de termos não é amplamente empregada, sendo utilizada, na primeira linha de pesquisa, apenas a expressão controle de poço.

Os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 indicam a quantidade total de documentos encontrados e de documentos processados. Os documentos encontrados correspondem a todos aqueles identificados na pesquisa inicial. Já os documentos processados resultam de uma triagem,

que visa eliminar duplicidades e selecionar apenas as patentes diretamente relacionadas ao foco da pesquisa, assegurando, assim, a confiabilidade das informações obtidas.

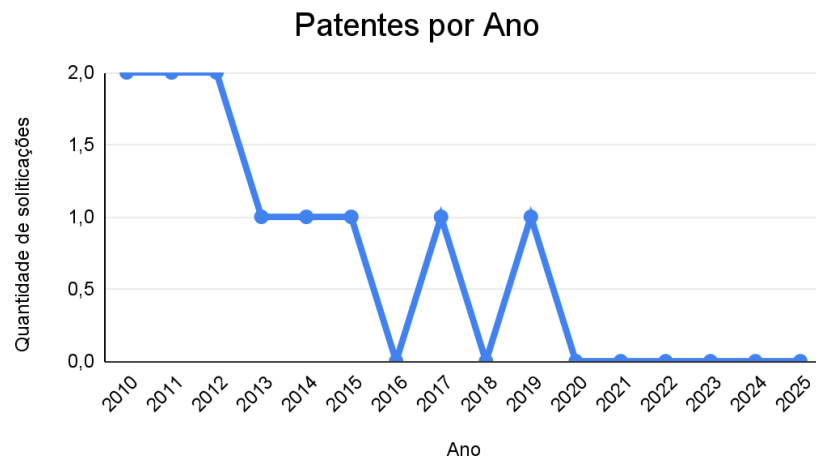
O Patentscope (WIPO) registrou um total de 8.520 patentes depositadas, das quais apenas 28 foram processadas durante a pesquisa. Já o INPI, base de dados nacional, apresentou 28 patentes disponíveis, com 26 documentos processados. O elevado número de patentes identificado no Patentscope já era esperado, considerando que se trata da base de dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual, abrangendo depósitos de múltiplos países.

Observa-se uma diferença significativa entre o número de patentes identificadas nas bases de dados internacionais e nacionais. Enquanto o Patentscope (WIPO) apresentou 8.520 patentes relacionadas ao tema, o INPI registrou apenas 28, evidenciando a ampla abrangência e representatividade da base internacional em comparação à base nacional. Esse resultado, de certa forma, já era previsto, considerando que as vantagens de depositar uma patente no Patentscope são amplamente atrativas para inventores e empresas, pois segundo WIPO (2023), o depósito de uma patente no Patentscope garante uma proteção prioritária em múltiplos países (PCT - Patent Cooperation Treaty) por um período de 30 meses, o que dá tempo suficiente para o depositante buscar recursos financeiros para conseguir proteção em outros países. Já quando o depósito é realizado na plataforma do INPI a patente concedida estará protegida de copiadores somente no território brasileiro, isso vale para os demais países (INPI, 2023).

#### 4.1.1 Resultados nacionais de patentes.

No que se refere às patentes depositadas na plataforma do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), foram processadas 26 patentes distintas relacionadas à tecnologia em estudo. Desse total, 11 (onze) patentes foram identificadas a partir da busca com a palavra-chave, combinada ao operador booleano AND, na forma “Controle de poço AND petróleo”. Outras 12 (doze) patentes foram obtidas utilizando a palavra-chave “Controle de pressão AND poços de petróleo”. Já 3 (três) patentes resultaram da busca com a expressão “Equipamentos AND segurança AND poços de petróleo”. Por fim, nenhuma patente foi processada com o termo “Controle de poço AND blowout AND Kicks”. Ao analisar a distribuição anual entre os anos de 2010 a 2025 dessas patentes, foram identificados 28 documentos no total, conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1** - Quantidade de patentes por ano na base de dados do INPI.

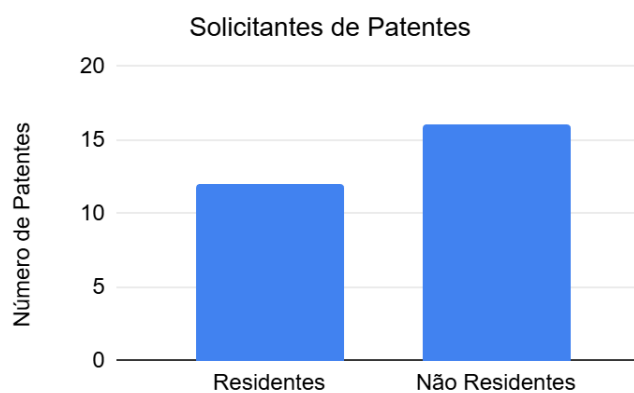


Fonte: Autor com base nos dados do INPI.

Quanto à análise da quantidade de patentes por ano nessa base (Figura 1), verifica-se um crescimento fraco e irregular. Não houve registros de pedidos nos anos de 2016, 2018, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 e 2025. Destaca-se que, nos últimos cinco anos, não foi realizada nenhuma solicitação no cenário nacional. No contexto do controle de poços de petróleo, esse quadro evidencia a descontinuidade nas iniciativas voltadas ao desenvolvimento tecnológico e reforça o amplo espaço existente para a criação e proteção de novas soluções no país.

Em relação aos depósitos de patentes, identificam-se dois perfis de depositantes: residentes, representando 12 registros (42,8 %), e não residentes, totalizando 16 registros (57,1%), conforme apresentado na Figura 2. Essa diferença demonstra uma participação mais expressiva de empresas e instituições estrangeiras no desenvolvimento e proteção de tecnologias voltadas ao controle de poços de petróleo no Brasil.

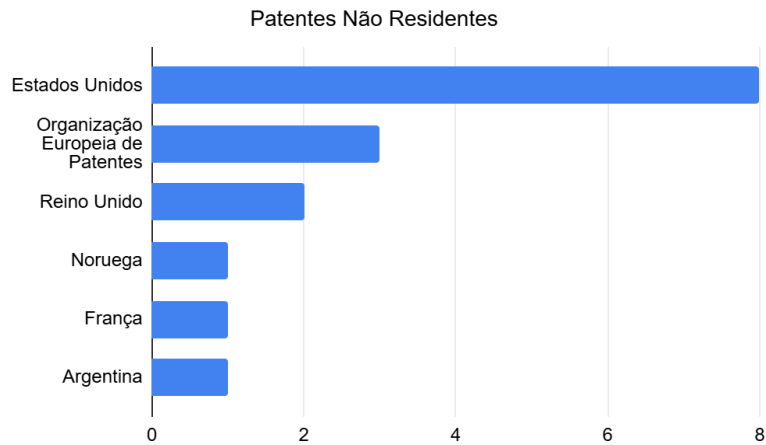
**Figura 2** - Depositantes residentes e não residentes.



Fonte: Autor com base nos dados do INPI.

Os resultados apresentados na Figura 3 mostram os países depositantes de patentes relacionadas ao controle de poços no Brasil. Entre eles, destacam-se os Estados Unidos, com 8 patentes, seguidos pela Organização Europeia de Patentes, com 3 registros, e pelo Reino Unido, com 2. Já Noruega, França e Argentina possuem, cada uma, 1 patente depositada. Observa-se que os Estados Unidos apresentam expressiva liderança no número de patentes registradas no país, o que evidencia a forte atuação e o interesse de empresas e instituições norte-americanas no mercado brasileiro de tecnologias para controle de poços de petróleo. Esse predomínio também pode indicar um maior investimento em pesquisa e desenvolvimento por parte desses atores internacionais, reforçando a necessidade de estratégias para estimular a produção de tecnologias nacionais nessa área.

**Figura 3** - Países estrangeiros que depositaram patentes de controle de poço no Brasil.



Fonte: Autor com base nos dados do INPI.

A Tabela 3 e a Tabela 4 apresentam, respectivamente, as principais instituições responsáveis pelo depósito de patentes e os inventores com maior participação no tema. Entre as instituições, destaca-se a Petrobras, com 2 depósitos, reforçando o compromisso da maior empresa brasileira de petróleo com a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias para o controle de poços. No grupo de inventores, identificaram-se alguns nomes brasileiros, sendo José Renato Lima o mais expressivo, com 3 depósitos registrados em seu nome. Vale ressaltar que ele também figura na Tabela 3 como criador individual, demonstrando atuação tanto de forma independente quanto institucional.

**Tabela 3** - Principais Instituições de depositantes de patentes de controle de poço.

Instituições Depositante	Nº de Patentes
--------------------------	----------------

José Renato Lima (Br/Es)	3
Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras (Br/Rj)	2
Irineu De Oliveira Santos (Br/Sc)	1
Baker Hughes Incorporated (Us)	1
Prad Research And Development Limited (Vg)	1
Saudi Arabian Oil Company (Sa)	1
Oilequip Produtos E Serviços Ltda. (Br/Rj)	1
Shell Internationale Research Maatschappij B.V (NI)	1
Engepet - Empresa De Engenharia De Petróleo Ltda. (Br/Se)	1
Compañías Asociadas Petroleras S.A. (Ar)	1

Fonte: Autor com base nos dados do INPI.

A identificação nominal de pessoas físicas na Tabela 4 tem como objetivo evidenciar os principais inventores com maior número de depósitos de patentes relacionados ao controle de poços, permitindo mapear lideranças técnicas individuais e a concentração de conhecimento especializado na área. Essa abordagem é amplamente utilizada em estudos de prospecção tecnológica, pois possibilita identificar atores-chave no desenvolvimento das inovações, complementando a análise institucional e geográfica.

**Tabela 4** - Principais Inventores de patentes de controle de poço.

Principais Inventores	Nº de Patentes
José Renato Lima	3
Irineu De Oliveira Santos	1
Bruno Drochon	1
Arthur William Galloway	1
Erick Fabrizio Quintella Andrade Coelho	1
Helio Santos	1
Carlos Eduardo Guimarães De Lima	1
Pedro Amauri Dutra Junior	1
Noui-Mehidi	1
James P. Mccrickard	1

Fonte: Autor com base nos dados do INPI.

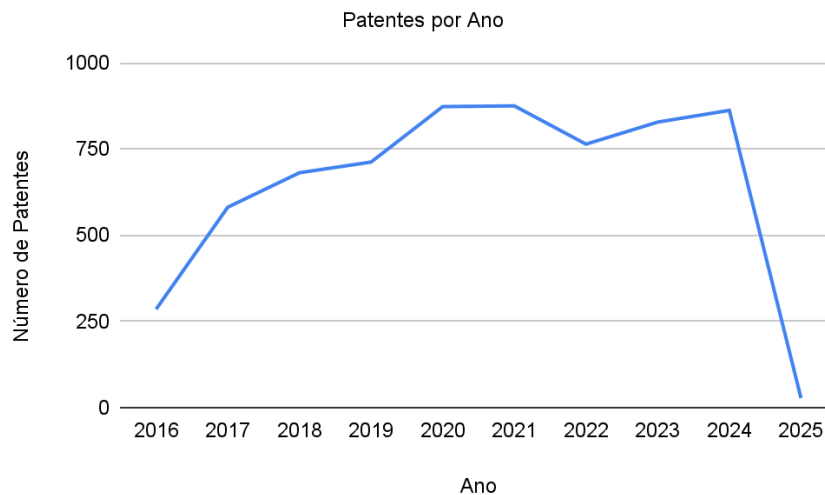
#### 4.1.2 Busca de patentes pelo Patentscope (WIPO).

Como estratégia de busca internacional de tecnologias, utilizou-se o PATENTSCOPE, banco de dados global de patentes. A pesquisa foi realizada a partir dos pedidos de patentes internacionais publicados pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), abrangendo documentos

de diferentes países e possibilitando uma visão ampla sobre as inovações no controle de poços de petróleo.

No âmbito das patentes depositadas na plataforma Patentscope (WIPO), foram identificadas 8.520 patentes distintas relacionadas à tecnologia em estudo, das quais 28 foram processadas para análise, conforme apresentado na Tabela 2. Durante a pesquisa, 11 (onze) patentes foram obtidas por meio da palavra-chave “*Well control AND petroleum*”, 8 (oito) patentes a partir da expressão “*Pressure control AND oil wells*” e 9 (nove) patentes utilizando “*Equipment AND safety AND oil wells*”. Já a busca com a palavra-chave “*Well control AND blowout AND kicks*” não resultou em nenhum documento. Em todos os casos, foi empregado o operador booleano AND, garantindo a combinação direta entre os termos e aumentando a precisão dos resultados. Através da Figura 4 pode-se analisar a distribuição anual das 8.520 patentes encontradas, entre os anos de 2016 a 2025.

**Figura 4** - Depositantes residentes e não residentes.



Fonte: Autor com base nos dados do Patentscope.

A Figura 4 evidencia uma evolução consistente no número de pedidos de patentes ao longo do período analisado. O menor volume de solicitações foi registrado em 2016, com pouco mais de 250 pedidos. Já o pico ocorreu em 2020 e 2021, quando o número de depósitos ultrapassou 850 solicitações relacionadas ao controle de poços de petróleo. Esse crescimento nos anos mais recentes pode estar associado ao avanço de tecnologias voltadas à segurança operacional, ao aumento das exigências regulatórias e à busca por soluções mais eficientes para prevenção de incidentes.

Embora a prospecção tenha considerado o período de 2010 a 2025 para ambas as bases, observa-se que, no caso da base internacional Patentscope (WIPO), os registros relevantes concentram-se majoritariamente a partir de 2016, razão pela qual a análise gráfica enfatiza esse

intervalo. No caso do INPI, os depósitos distribuíram-se de forma esparsa ao longo de todo o período analisado, justificando a apresentação desde 2010.

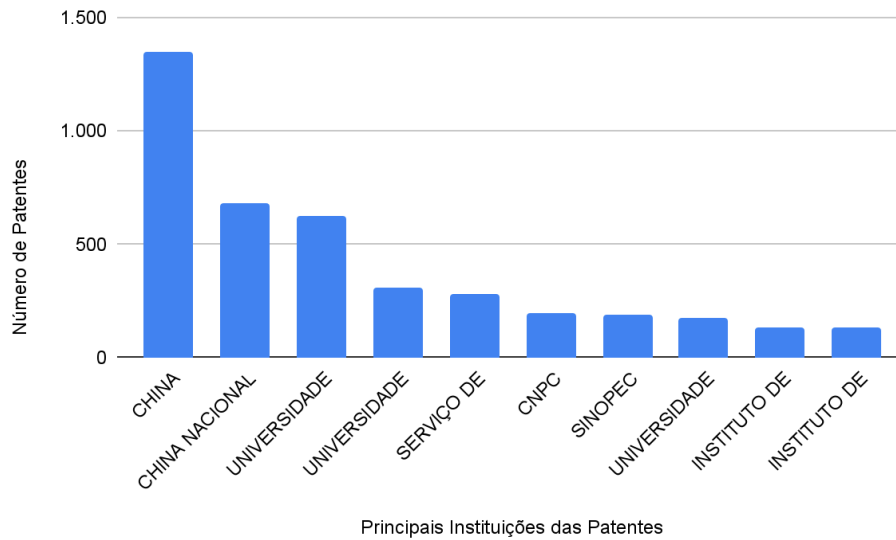
No que se refere aos países de origem classificados como os maiores interessados, observa-se uma ampla predominância da China, que concentra mais de 6.700 solicitações, correspondendo a mais de 80% do total identificado. Em segundo lugar aparece a Rússia, com pouco mais de 650 solicitações, o que representa cerca de 9% em comparação ao volume chinês. Esse contraste evidencia o protagonismo da China no desenvolvimento e proteção de tecnologias relacionadas ao controle de poços de petróleo, consolidando-se como principal player global nesse segmento. A Tabela 5 apresenta um panorama geral sobre a distribuição dos depósitos de pedidos entre os países analisados.

**Tabela 5** - Principais países responsáveis por patentes de controle de poço.

Países responsáveis pelas patentes	Número de patentes
China	6.760
Rússia	661
Estados Unidos	442
Tratado de Cooperação em matéria de Patentes (PCT)	180
Canadá	106
Reino Unido	64
Organização Europeia de Patentes	62
Austrália	41
México	23
Índia	17
Japão	9
Itália	2
<b>Total</b>	<b>8.367</b>

Fonte: Autor com base nos dados do Patentscope.

As principais instituições depositantes de patentes relacionadas ao controle de poços de petróleo são apresentadas na Figura 5. De acordo com os países com maior número de solicitações, destacam-se a China Petróleo e Produtos Químicos Co. (Sinopec), com 1.352 depósitos, e a China National Petroleum Co. (CNPC), com 685 depósitos, ambas de origem chinesa. Esse resultado evidencia o forte protagonismo da China na área, refletindo seu elevado investimento em inovação e desenvolvimento tecnológico no setor de perfuração e controle de poços. Uma possível justificativa para esse cenário está vinculada à estratégia energética chinesa, que busca reduzir a dependência de tecnologias estrangeiras e fortalecer a segurança energética nacional.

**Figura 5** - Principais instituições responsáveis por patentes de controle de poço.

Fonte: Autor com base nos dados do Patentscope.

A China Petróleo e Produtos Químicos Co. (Sinopec) figura entre as principais instituições detentoras de solicitações de patentes relacionadas ao controle de poço, conforme os dados disponibilizados pela WIPO. Entre os inventores com maior número de registros, destacam-se Liu Wei, com 80 solicitações, e Zhang Lei, com 69, seguidos por Wang Peng e Wang Lei, que apresentaram 66 e 61 solicitações, respectivamente. A predominância de inventores vinculados a instituições chinesas reforça o protagonismo da China no desenvolvimento e registro de tecnologias voltadas ao controle de poços. A Tabela 6 apresenta de forma detalhada os dez principais inventores identificados nas bases de dados da WIPO, evidenciando a concentração das inovações tecnológicas no setor petrolífero chinês.

**Tabela 6:** Principais Inventores

Principais Inventores	Nº de Patentes
Liu Wei	80
Zhang Lei	69
Wang Peng	66
Wang Lei	61
Wang Wei	59
Li Wei	55
Wang Guorong	50
Li Jun	44
Li Lei	44
Liu Yang	44

Fonte: Autor com base nos dados do Patentscope.

Entre as tecnologias emergentes identificadas nas bases da WIPO, destaca-se a patente CN114526053, intitulada "CONTROLE DE PRESSÃO DE POÇO POR EIXO DE CIMENTAÇÃO", de autoria de Liu Wei. O documento, solicitado em 24/05/2022 apresenta um sistema automatizado de controle de pressão de cimentação, que utiliza simulação dinâmica e monitoramento em tempo real para ajustar a contrapressão na cabeça do poço durante a operação. Essa inovação assegura maior estabilidade do gradiente de pressão e previne falhas de isolamento, caracterizando-se como uma aplicação direta dos princípios de *Well Control*. O desenvolvimento de soluções como essa evidencia a tendência de integrar automação e análise preditiva ao controle de poço, alinhando a práticas modernas de segurança e eficiência operacional.

Outra tecnologia identificada nos registros da WIPO é a patente CN119553990, de autoria de Liu Wei e pertencente à China National Petroleum Corporation (CNPC). O documento requerido em 04/03/2025 descreve um sistema automatizado de controle de pressão e fluxo durante a cimentação de poços, composto por unidades de estrangulamento e suplementação de lama integradas a um centro de controle em tempo real. Esse sistema ajusta dinamicamente a contrapressão da cabeça do poço, garantindo a estabilidade do gradiente de pressão e a eficiência da cimentação em poços profundos ou de margem estreita. Trata-se de um avanço que consolida o uso de controle automatizado e monitoramento contínuo como parte essencial das práticas modernas de *Well Control*, refletindo a convergência entre a engenharia de perfuração e a automação inteligente aplicada à integridade de poços.

Ambas as solicitações de patente de Liu Wei estão diretamente relacionadas ao controle de pressão durante o processo de cimentação de poços. Observa-se que, por se tratarem de tecnologias voltadas ao controle de poço, a pressão constitui o eixo central de desenvolvimento e inovação. Essas novas soluções demonstram uma clara integração com as tecnologias atuais de Controle de Poço, especialmente com o conceito de Managed Pressure Drilling (MPD) e sua derivação para a Managed Pressure Cementing (MPC), nas quais o controle ativo e contínuo da pressão é essencial para garantir a estabilidade hidráulica, a integridade do poço e a prevenção de influxos ou perdas de circulação.

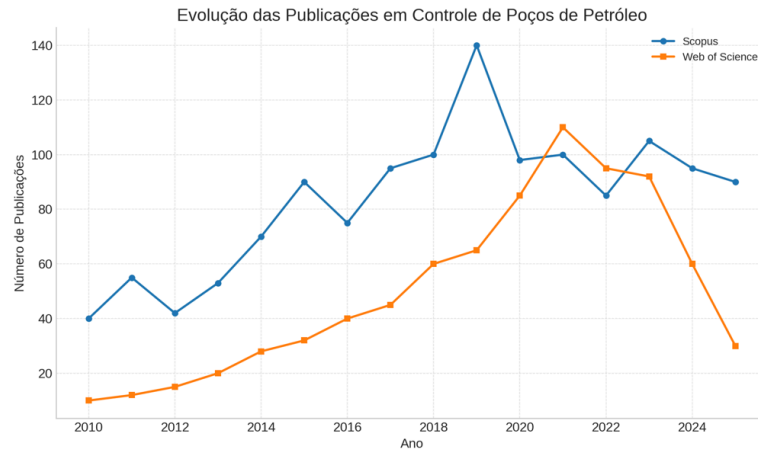
#### 4.2 RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS

Os dados coletados foram organizados de modo a apoiar a análise da prospecção tecnológica no cenário atual das tecnologias em periódicos científicos a partir de diferentes combinações de palavras-chave. A primeira etapa consistiu na análise comparativa da quantidade de resultados

obtidos ao aplicar as mesmas seqüências de palavras-chave nas bases de dados Web of Science e Scopus no corte de tempo de 2010 a 2025.

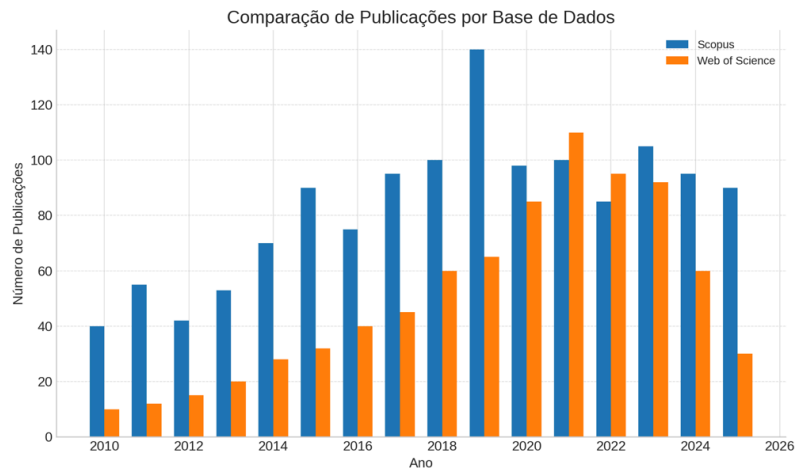
**Figura 6** – Número de publicações por periódicos de acordo com a combinação de palavras-chave.

**a)** Palavra-chave: *"kick" OR "gas influx" OR "well kick"*.



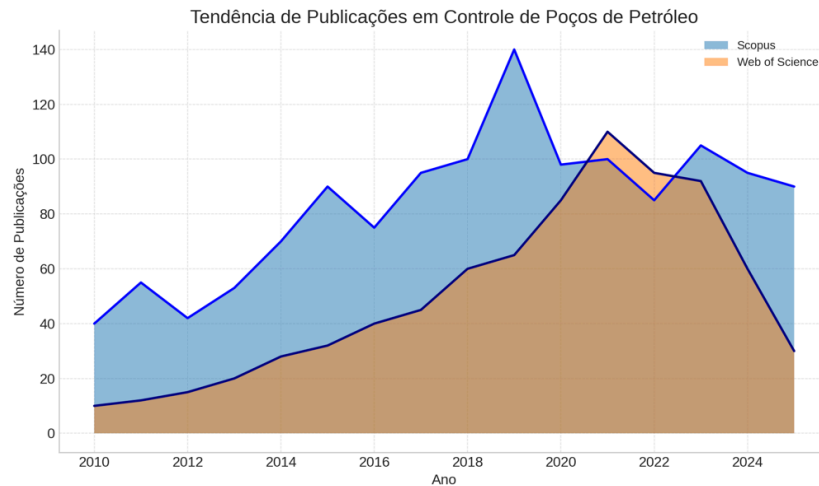
Fonte: Autor com auxílio da Scopus e Web Of Science, 2025.

**b)** Palavra-chave: *"well control" OR "pressure control" OR "blowout preventer" AND "petroleum" NOT "kick well"*.



Fonte: Autor com auxílio da Scopus e Web Of Science, 2025.

**c)** Palavra-chave: *"kick" OR "blowout preventer" OR "well control"*.



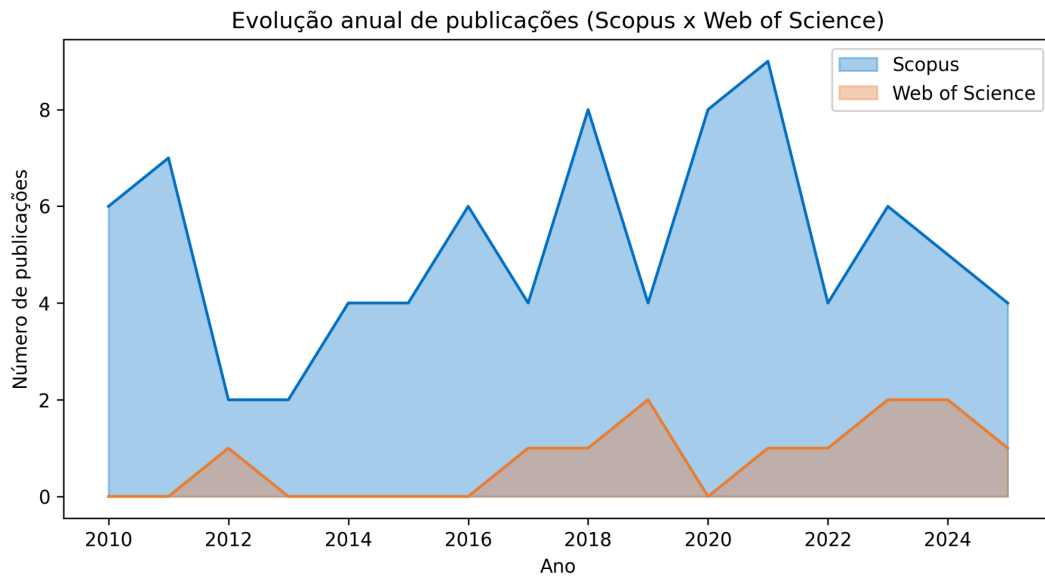
Fonte: Autor com auxílio da Scopus e Web Of Science, 2025.

Após análise da Figura 6, observou-se uma quantidade significativa de documentos para cada combinação de palavras-chave utilizada. Verificou-se uma tendência de crescimento no número de publicações relacionadas ao tema até o ano de 2024. Destaca-se, ainda, que em 2019 todas as combinações apresentaram um pico expressivo de publicações sobre controle de poço, indicando um aumento no interesse e na produção científica nesse período.

Após a análise dos resultados iniciais apresentados na Figura 6, foi realizada uma nova busca com o uso de palavras-chave mais específicas e diretamente relacionadas ao controle de poços de petróleo. Essa estratégia permitiu refinar a pesquisa, resultando em dados mais precisos e alinhados com os objetivos do estudo.

Foi realizada uma integração das palavras-chave utilizadas nas etapas iniciais da pesquisa, com o objetivo de identificar de forma abrangente todos os documentos relacionados ao tema. Essa estratégia permitiu uma análise mais ampla do campo estudado, fornecendo uma visão geral consistente sobre a quantidade de publicações existentes. Além disso, contribuiu para mapear os principais enfoques adotados nos estudos sobre controle de poços, possibilitando a identificação de tendências e lacunas na literatura científica, conforme ilustrado na Figura 7.

**Figura 7** – Número de publicações por periódicos de acordo com a combinação de ("kick" OR "gas influx" OR "blowout" OR "formation fluid entry" OR "uncontrolled flow") AND ("well control" OR "pressure control" OR "kick detection system" OR "blowout preventer" OR "MPD" OR "early kick detection" OR "automated well control") AND ("valve" OR "SSSV" OR "safety system" OR "real-time monitoring" OR "control panel") AND ("oil" OR "petroleum" OR "oil and gas" OR "offshore drilling" OR "HPHT wells").

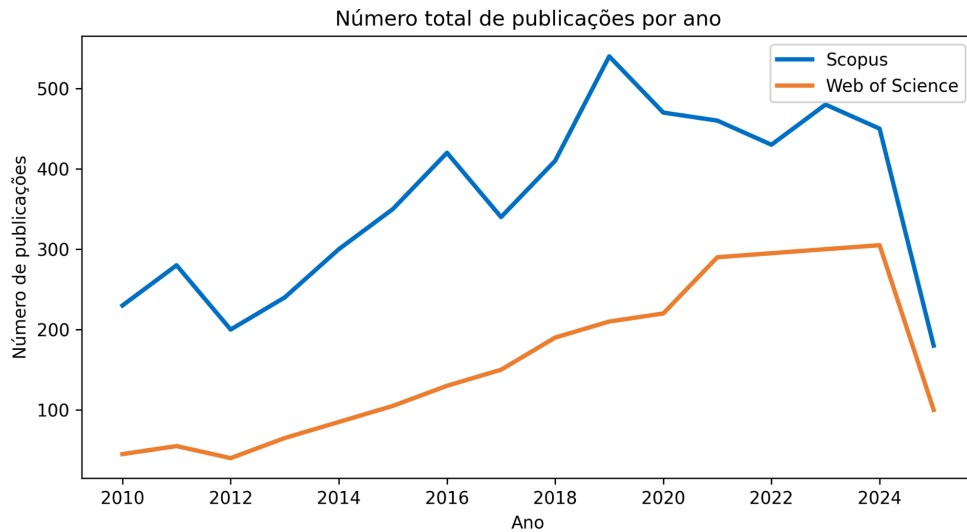


Fonte: Autor com auxílio da Scopus e Web Of Science, 2025.

Destaca-se na Figura 7 um número significativamente maior de documentos na base Scopus em comparação à Web of Science, no que se refere ao tema de controle de poços. Essa diferença evidencia a maior cobertura temática da Scopus, especialmente em áreas aplicadas como a engenharia do petróleo. Dessa forma, a análise dos dados extraídos prioritariamente dessa base torna-se relevante, oferecendo resultados mais abrangentes e alinhados com os objetivos deste estudo.

Com os dados obtidos, foi realizada a integração dos resultados das duas bases para proporcionar uma visão geral das publicações no período analisado. A Figura 8 apresenta um gráfico comparativo com o total de artigos encontrados para as combinações de palavras-chave utilizadas. Na base Web of Science, foram identificados 2.537 artigos, enquanto na Scopus, o número foi de 5.741 publicações.

**Figura 8** – Número de publicações total por periódicos, considerando todas as combinações de palavras.



Fonte: Autor com auxílio da Scopus e Web Of Science, 2025.

Deste modo, após a quantificação dos resultados obtidos na prospecção, deu-se prosseguimento ao estudo por meio da análise dos dados referentes aos critérios adotados na metodologia para a filtragem dos resultados, com o intuito de aprofundar a compreensão sobre o estado atual de desenvolvimento científico e tecnológico.

A prospecção realizada buscou apresentar uma visão geral do estado atual de desenvolvimento científico e tecnológico relacionados ao uso de métodos de controle de *kicks* e *blowouts* em poços de petróleo (Adaptado de QUINTELLA et al., 2011).

#### 4.3 PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM CONTROLE DE POÇOS

Os dados coletados foram organizados de modo a apoiar a análise da prospecção tecnológica no cenário atual das tecnologias voltadas aos equipamentos de controle de poço, reunindo informações que permitem compreender a evolução temporal das soluções aplicadas ao controle de *kicks* e *blowouts* na indústria petrolífera.

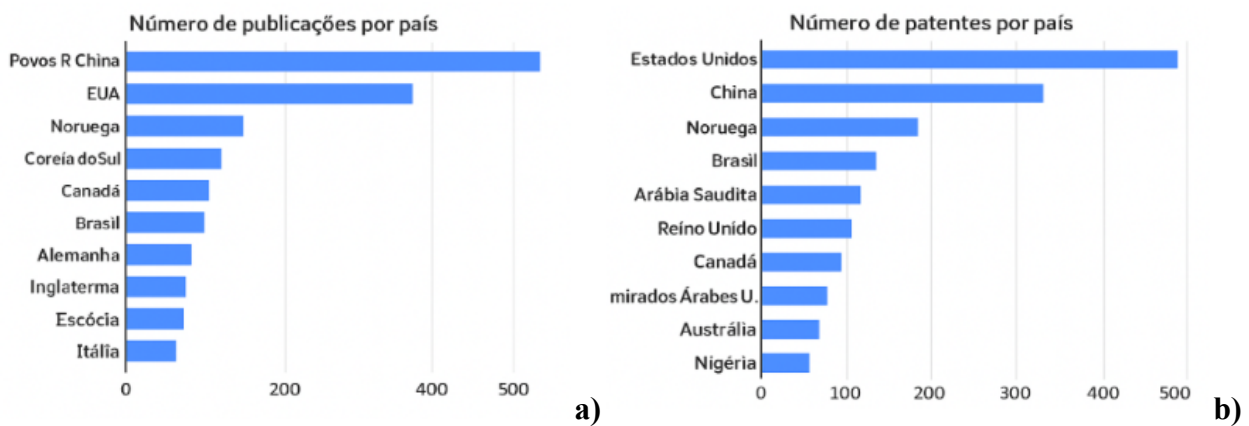
A utilização dos métodos de prospecção tecnológica pode demonstrar uma atitude proativa, no sentido de que a busca por informações acerca das mudanças possíveis no futuro ou já em curso constitui, por si só, uma forma de preparação para tais mudanças (MAYERHOFF, 2008).

Um dos destaques relevantes da pesquisa é a análise dos países com maior volume de publicações relacionadas ao tema *well control*. Verificou-se que o Brasil apresenta uma posição desfavorável em comparação às principais potências globais, resultado que pode ser atribuído, em grande parte, ao baixo investimento em pesquisa e desenvolvimento tecnológico na área, especialmente quando comparado a economias de grande porte, como China e Estados Unidos.

Em 2019, União Europeia (28,6%), China (24,5%) e Estados Unidos da América (20,5%) responderam, juntos, por três quartos da produção científica mundial. Outros 13 países, incluindo o Brasil com 2,8%, foram responsáveis por 1% ou mais das publicações científicas no mesmo ano (Adaptado de DE MEDEIROS, 2024).

Ao longo do período analisado, o Brasil apresentou uma média de apenas 5% a 7% das publicações relacionadas ao controle de *kicks* e *blowouts* em poços de petróleo. Em contraste, China e Estados Unidos se destacaram como os principais produtores desse tipo de conteúdo científico, sendo responsáveis por mais de 60% dos documentos publicados sobre o tema, conforme Figura 9. Esses dados evidenciam a expressiva desvantagem do Brasil no cenário internacional de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nessa área.

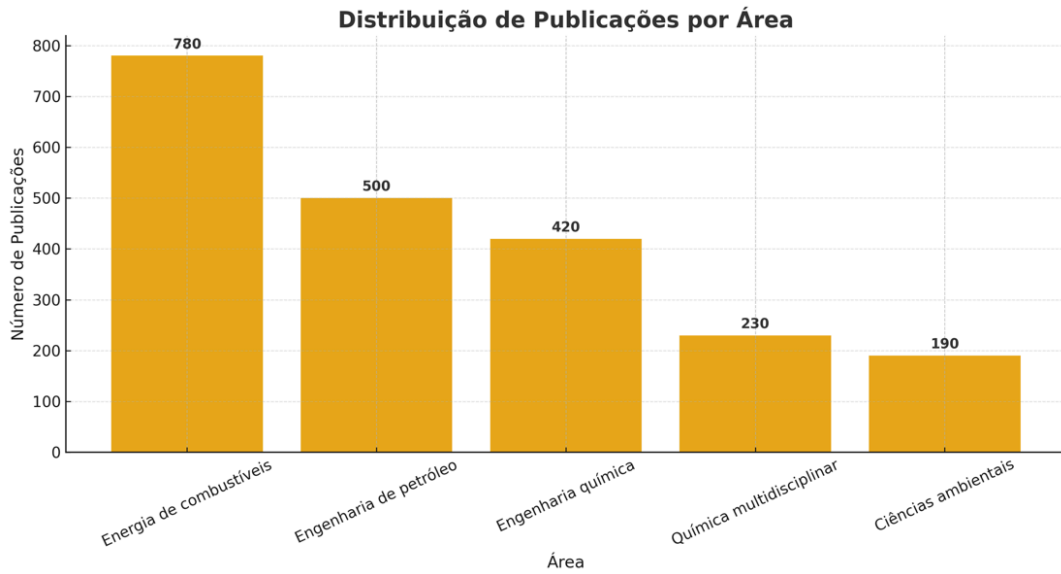
**Figura 9** – Publicações por país, a) Dados da Web of Science e b) Dados da Scopus.



Fonte: Autor com auxílio da Scopus e Web Of Science, 2025.

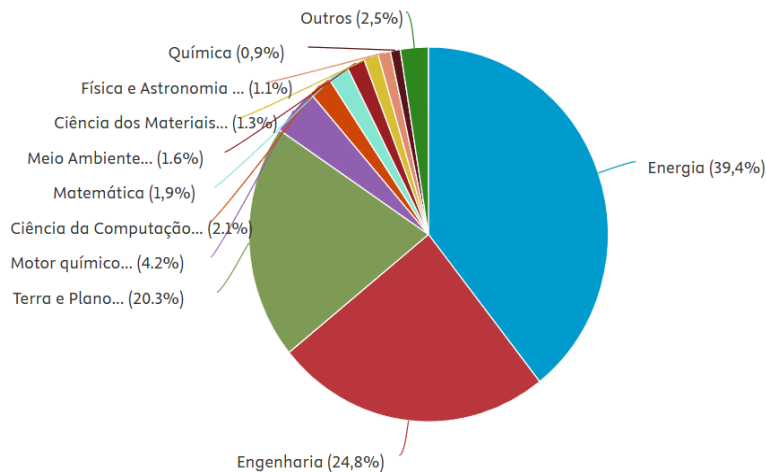
Os resultados deste estudo revelaram um número expressivo de publicações vinculadas a essas áreas relacionadas à energia e à engenharia de petróleo. Na base de dados Web of Science, aproximadamente 80% dos documentos identificados estão associados às temáticas de energia proveniente de combustíveis e engenharia de petróleo (Figura 10, a). De forma semelhante, na base Scopus, cerca de 64% das publicações concentram-se nesses mesmos campos do conhecimento (Figura 10, b).

**Figura 10** – Publicações por áreas temáticas, a) Dados da Web of Science e b) Dados da Scopus.



a)

Fonte: Autor com auxílio da Web Of Science, 2025.



b)

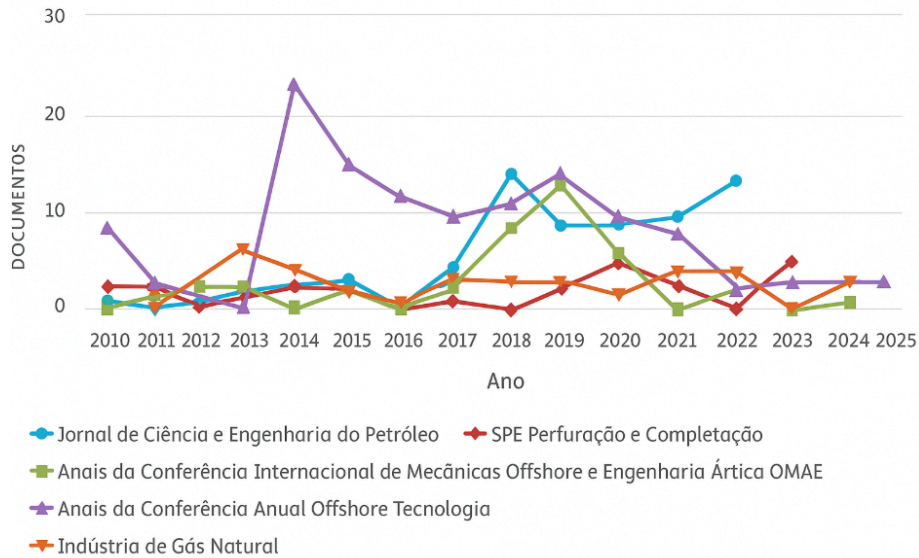
Fonte: Autor com auxílio da Scopus, 2025.

A concentração de estudos nas áreas de energia e engenharia de petróleo demonstra a crescente integração entre ciência aplicada e inovação tecnológica voltada à segurança operacional. Essa convergência tem estimulado o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes, sistemas automatizados de monitoramento e metodologias preditivas baseadas em dados em tempo real, capazes de antecipar falhas e prevenir incidentes em poços de petróleo.

A análise dos principais periódicos onde os artigos são publicados é fundamental para traçar o perfil das publicações mais relevantes dentro de uma determinada área do conhecimento, como mostra a Figura 11. Essa abordagem permite identificar quais revistas científicas concentram maior número de estudos sobre o tema investigado, revelando não apenas os veículos com maior impacto e credibilidade, mas também as linhas de pesquisa mais consolidadas e emergentes. No contexto do

*well control*, esse tipo de análise contribui para compreender as tendências da produção científica, os focos temáticos predominantes e os espaços mais reconhecidos para a divulgação de avanços tecnológicos e inovações na área.

**Figura 11** – Abordagem da pesquisa por periódicos.



Fonte: Autor com auxílio da Scopus, 2025.

Na análise dos periódicos científicos, observou-se que, entre os anos de 2013 a 2021, destacaram-se pelo volume de publicações relacionadas ao tema os periódicos *Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*, *Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMA)* e o *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Esses veículos se mostraram como os principais canais de disseminação científica na área, refletindo sua relevância e influência na produção de conhecimento sobre *well control* e temas correlatos na indústria de petróleo e gás.

Desde 1969, a *Offshore Technology Conference (OTC)* tem atuado como um importante ponto de encontro internacional para profissionais da área de energia, promovendo o intercâmbio de ideias, inovações e discussões sobre os principais desafios enfrentados pelo setor offshore (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 2024).

Observou-se que, no ano de 2014, a *Offshore Technology Conference (OTC)* foi o periódico com o maior número de publicações relacionadas ao tema de *well control*. Nos anos subsequentes, o periódico continuou a se destacar, mantendo uma quantidade significativa de artigos publicados na área.

O *Journal of Petroleum Science and Engineering* também apresentou um número expressivo de publicações a partir do ano de 2017. No entanto, observou-se uma ausência de registros referentes a esse periódico a partir de 2022 (Gráfico 7). Esse tipo de lacuna nas informações pode comprometer a compreensão mais precisa sobre a quantidade de documentos relevantes para o tema na atualidade, impactando diretamente a análise do panorama recente da produção científica na área.

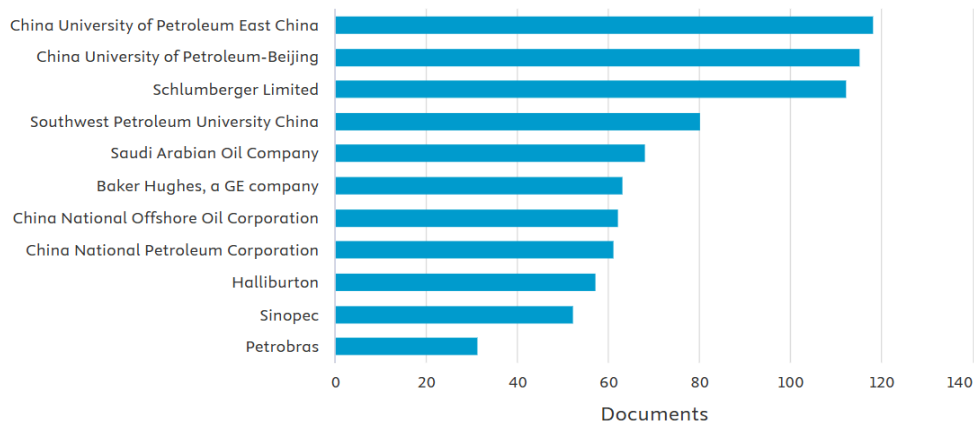
O *Journal of Petroleum Science and Engineering* tem como objetivo principal integrar as áreas de engenharia, geologia e ciência do petróleo e gás natural, promovendo a publicação de artigos acessíveis a profissionais de diferentes campos relacionados à indústria petrolífera (SCIMAGO, 2024).

Os anais da Conferência OMAE abrangem uma ampla variedade de temas, incluindo tecnologia offshore, estruturas, segurança e confiabilidade, materiais, dutos, risers e uso do espaço oceânico, com conteúdos disponíveis desde 2002 (AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, 2024). De acordo com a Figura 11, esse periódico apresentou grande relevância no número de publicações entre os anos de 2018 a 2020, período em que outros periódicos de destaque também registraram volumes significativos de trabalhos publicados na área.

Os periódicos *SPE Drilling and Completion* e *Natural Gas Industry* também aparecem na análise, embora com um número menor de publicações em comparação aos demais periódicos de maior relevância.

A análise das instituições com maior número de estudos voltados ao controle de poços desempenha um papel fundamental na compreensão do panorama da pesquisa científica e tecnológica nessa área. Identificar quais instituições, governos, empresas ou agências estão investindo em estudos sobre *well control* permite não apenas mapear os principais atores comprometidos com a segurança e a inovação na indústria petrolífera, mas também compreender as prioridades estratégicas de cada financiador. Esse estudo abordou informações essenciais para evidenciar quem está direcionando recursos para enfrentar desafios críticos como o controle de *kicks* e *blowouts*.

**Figura 12** – As 11 instituições com mais publicações sobre temas de controle de poços.



Fonte: Autor com auxílio da Scopus, 2025.

Verificou-se que os dados referentes às instituições com maior número de publicações estão alinhados com os países que mais contribuem para a produção científica na área, como mostra a Figura 12. Essa correlação é evidente ao observar que a China, destacada entre os países com maior volume de publicações, também abriga as duas instituições mais produtivas: a *China University of Petroleum East China* e a *China University of Petroleum-Beijing*. Esses resultados reforçam a relevância do investimento e da estrutura acadêmica chinesa no avanço das pesquisas sobre controle de poços.

A *Southwest Petroleum University China*, a *China National Offshore Oil Corporation* (CNOOC) e a *China National Petroleum Corporation* (CNPC) também se destacam entre as 11 instituições com maior número de publicações, reforçando a expressiva participação da China na produção científica relacionada ao controle de poços.

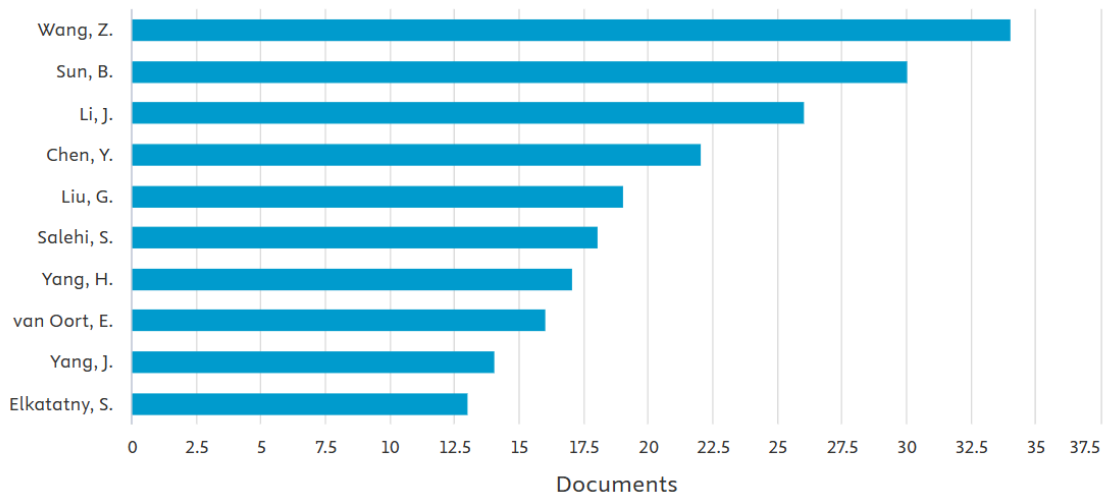
Esse destaque da produção científica chinesa aconteceu em paralelo com o aumento dos investimentos da China em pesquisa e desenvolvimento na última década. Em 2000, o gasto chinês com ciência e tecnologia, embora fosse mais do que o dobro do brasileiro, em termos absolutos, representava 0,9% do seu Produto Interno Bruto (PIB). Em 2008, o investimento em ciências e tecnologias já era de 1,54% do PIB na China, e em 2009, de 1,7%. A meta do governo chinês é superar a média de 2,1% do PIB dos países desenvolvidos (CUNHA, 2012).

Os resultados revelaram uma significativa participação de grandes empresas do setor petrolífero entre as instituições que mais publicam sobre a temática de controle de poços, de acordo com os resultados de Figura 12. Das 11 principais instituições identificadas, destacam-se Schlumberger Limited, Baker Hughes, Halliburton e Petrobras, todas com números expressivos de publicações. Essa forte presença pode ser atribuída à constante preocupação das operadoras com a

segurança e a eficiência das operações, considerando que o controle de *kicks* e *blowouts* é um aspecto crítico para a integridade operacional e ambiental na indústria do petróleo.

Neste trabalho, foi realizada uma análise dos principais autores com maior número de publicações na área de controle de poços. Esse tipo de levantamento é fundamental para traçar o perfil dos pesquisadores mais influentes no campo, permitindo identificar lideranças acadêmicas, redes de colaboração e possíveis referências para aprofundamento técnico-científico no tema.

**Figura 13** – Os autores com mais publicações sobre tema de controle de poços.



Fonte: Autor com auxílio da Scopus, 2025.

Durante o período de 2010 a 2025, o autor Zhiyuan Wang, da China University of Petroleum (East China), destacou-se como o autor com o maior número de publicações no período analisado. Segundo os dados da base Scopus, Wang possui 367 documentos e mais de 3.000 citações relacionados ao tema de *well control*. Suas principais linhas de pesquisa envolvem o estudo de hidratos, perfuração de poços de petróleo e processos de emulsificação em tubulações de poços de petróleo, fatores que estão diretamente associados à ocorrência de *kicks* e *blowouts* nas operações de perfuração.

Baojiang Sun, também vinculado à China University of Petroleum (East China), apresentou um total de 439 publicações na área de poços de petróleo. No período de 2014 a 2023, destacou-se com 24 documentos como autor principal e mais de 4.400 citações em seus trabalhos. Suas principais áreas de pesquisa envolvem a perfuração de poços de petróleo, a formação e o comportamento de hidratos, com ênfase especial nos hidratos de gás natural, que representam um dos principais desafios operacionais no controle de poços.

Jun Li e Yuanhong Chen, vinculados respectivamente à China University of Petroleum-Beijing e à Louisiana State University, destacam-se entre os principais autores com número expressivo de publicações sobre temas relacionados ao controle de poços (well control). Jun Li concentra suas pesquisas em áreas como engenharia de poços de petróleo, escoamento bifásico, resistência à compressão de formações rochosas e técnicas de perfuração, contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento técnico na área.

Yuanhong Chen, por sua vez, direciona sua linha de pesquisa para temas relevantes como perfuração de poços de petróleo, escoamento bifásico e problemas operacionais associados à perda de circulação durante a perfuração. Suas contribuições são fundamentais para o desenvolvimento de soluções voltadas à segurança e eficiência das operações de perfuração em ambientes complexos.

A identificação dos autores foi realizada por nome, conforme os metadados disponibilizados pelas bases Scopus e Web of Science. A opção pelo uso do nome dos autores deve-se ao fato de que o ORCID não está uniformemente disponível para todos os registros no período analisado, especialmente em publicações mais antigas, o que poderia comprometer a consistência da análise bibliométrica. Dessa forma, adotou-se o critério nominal, amplamente utilizado em estudos bibliométricos, assegurando padronização e comparabilidade dos resultados.

Verificou-se que, entre os cinco autores com maior número de publicações sobre controle de poços, a perfuração de poços de petróleo figura como um dos principais focos de estudo em suas linhas de pesquisa. Esse destaque reforça a importância da etapa de perfuração na prevenção e no gerenciamento de incidentes relacionados ao well control.

## **5 IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS**

A análise integrada entre os depósitos de patentes e a produção científica evidencia uma clara assimetria entre os cenários nacional e internacional. Enquanto bases globais, como o Patentscope, registraram um crescimento exponencial de pedidos de patentes relacionados ao controle de poços, especialmente a partir de 2016, o Brasil apresentou baixo dinamismo no mesmo período, com descontinuidade nas solicitações junto ao INPI. Esse contraste revela não apenas a maior maturidade tecnológica de países como China, Rússia e Estados Unidos, mas também a necessidade de maior incentivo à pesquisa aplicada no contexto brasileiro, de forma a reduzir a dependência externa em tecnologias críticas para a indústria petrolífera.

Os resultados também demonstram que a maior parte dos esforços tecnológicos se concentra em soluções voltadas à segurança operacional e à eficiência no controle de kicks e blowouts. Entre os avanços mais recorrentes, destacam-se sistemas de monitoramento em tempo real, melhorias em

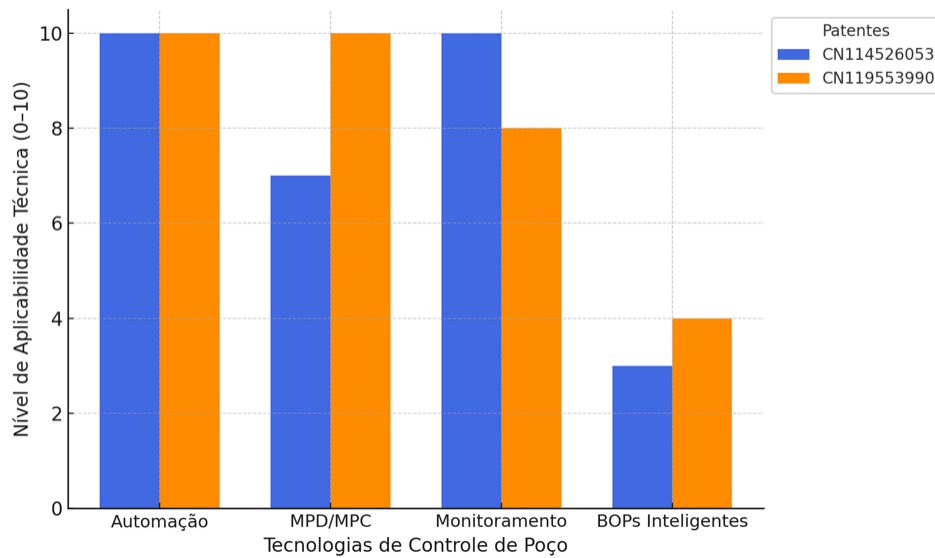
válvulas de segurança e inovações no design de blowout preventers (BOPs). Esses achados dialogam com a literatura revisada, que aponta a modernização contínua desses equipamentos como essencial para mitigar riscos em operações offshore e em poços de alta pressão e alta temperatura (GRACE, 2017; SANTANA; CAMPOS; CARDOSO, 2021). Contudo, observa-se que a implementação de tais tecnologias ainda enfrenta barreiras relacionadas a custos elevados, complexidade operacional e limitações regulatórias em alguns mercados.

Um dos pontos mais marcantes da prospecção foi a predominância da China como principal protagonista no depósito de patentes e na produção científica sobre o tema. Esse resultado confirma a estratégia chinesa de fortalecimento de sua independência tecnológica e liderança no setor energético. Além do elevado número de patentes, universidades e empresas chinesas figuram entre as instituições mais produtivas, evidenciando uma integração robusta entre indústria e academia (CUNHA, 2012; DE MEDEIROS, 2024). Em contrapartida, o Brasil figura em posição periférica nesse cenário, com pouca representatividade tanto em termos de inovação quanto em volume de publicações indexadas, reforçando a urgência de políticas públicas voltadas ao estímulo da pesquisa e desenvolvimento no setor.

Para complementar a análise das tecnologias atuais de controle de poço, realizou-se um comparativo técnico entre as patentes identificadas no banco de dados da WIPO e as principais frentes tecnológicas descritas neste estudo, com ênfase nas aplicações em automação, controle de pressão (MPD/MPC), monitoramento e inovações em sistemas de segurança como os BOPs inteligentes. O objetivo dessa correlação foi demonstrar de forma visual e objetiva como as recentes solicitações de patente se alinham às tendências globais de modernização do controle de poço, evidenciando o avanço das soluções automatizadas e preditivas na cimentação e na gestão de pressão. A Figura 14 apresenta o nível de aplicabilidade técnica de cada patente em relação às tecnologias avaliadas, permitindo identificar os campos de maior concentração de inovação e sua relevância para a engenharia de poços contemporâneos.

**Figura 14:** Nível de Aplicabilidade Técnica.

**Comparativo Técnico entre Patentes WIPO e Tecnologias de Controle de Poço**



**Fonte:** Autor, 2025.

A comparação apresentada no gráfico evidencia a relação direta entre as patentes analisadas e as tecnologias mais atuais de controle de poço, demonstrando que ambas possuem alto grau de correspondência com práticas modernas. Observa-se que as duas patentes apresentam forte aplicabilidade em automação e controle de pressão, confirmando a tendência de integrar sistemas digitais e autônomos às operações de cimentação e perfuração, promovendo maior segurança e eficiência operacional. O Nível de Aplicabilidade Técnica, representado na Figura 14, indica o grau de aderência de cada patente às tecnologias atuais (descritas no tópico 2.1), variando de 0, para baixa relação a 10, em aplicações diretas.

No contexto nacional, a baixa quantidade de depósitos de patentes e a limitada produção científica sugerem uma lacuna de inovação que pode comprometer a competitividade do Brasil em operações de perfuração e produção de petróleo. Considerando o papel estratégico da Petrobras e de algumas universidades no tema, é necessário ampliar programas de cooperação internacional, bem como fortalecer os investimentos em pesquisa aplicada. Essa lacuna, por outro lado, pode ser interpretada como uma oportunidade para o desenvolvimento de tecnologias próprias adaptadas às especificidades das bacias brasileiras, em especial aquelas de águas ultraprofundas, que apresentam desafios operacionais singulares e poderiam se beneficiar de soluções inovadoras.

Por fim, os dados analisados reforçam que o controle de poços permanece como um dos grandes desafios técnicos e ambientais da indústria petrolífera contemporânea. A tendência de crescimento no número de publicações e depósitos de patentes indica que o tema continuará em evidência nos próximos anos, especialmente diante da pressão global por maior segurança, redução

de riscos e sustentabilidade operacional. Nesse sentido, a prospecção realizada não apenas fornece um panorama do estado da arte, mas também evidencia a relevância estratégica do investimento em inovação, sendo este um fator decisivo para que o Brasil se posicione de maneira mais competitiva no cenário internacional (MAYERHOFF, 2008; AMPARO et al., 2012).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prospecção tecnológica realizada neste estudo evidenciou um crescimento expressivo nas pesquisas científicas e nos depósitos de patentes voltados ao controle de poços, especialmente a partir de 2015. Esse avanço reflete a crescente relevância do tema para a indústria petrolífera mundial, que busca continuamente aperfeiçoar seus processos de perfuração e cimentação com foco na redução de riscos operacionais, preservação da integridade dos ativos e aumento da segurança das operações. Os objetivos propostos foram plenamente alcançados, proporcionando uma visão abrangente sobre o estado da arte e as principais inovações aplicadas ao controle de poços de petróleo.

Os resultados mostraram que, em âmbito internacional, China, Estados Unidos e Rússia ocupam posição de destaque no desenvolvimento de tecnologias voltadas ao *Well Control*, concentrando os maiores índices de produção científica e depósitos de patentes. Essa liderança está associada aos investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e à integração estratégica entre indústria, academia e centros de inovação. No cenário brasileiro, entretanto, foi observada baixa representatividade, tanto em publicações quanto em registros de patentes, o que evidencia a necessidade de políticas públicas e incentivos voltados ao fortalecimento da inovação nacional aplicada à engenharia de poços.

Entre as tecnologias mais relevantes identificadas, destacam-se os sistemas de monitoramento em tempo real, as válvulas de segurança aprimoradas e os blowout preventers (BOPs) inteligentes, que desempenham papel essencial na mitigação de riscos e na prevenção de falhas catastróficas. Contudo, as maiores contribuições observadas neste estudo estão associadas às patentes CN114526053 e CN119553990, que introduzem sistemas automatizados de controle de pressão durante a cimentação de poços, integrando sensores, módulos de simulação e válvulas de estrangulamento controladas digitalmente. Essas tecnologias representam um marco na transição do controle reativo para o controle preditivo e automatizado de poços, ampliando significativamente o nível de segurança e eficiência em operações de alta complexidade, como aquelas realizadas em poços HPHT (High Pressure High Temperature).

No contexto brasileiro, a pesquisa revelou fragilidades, mas também oportunidades significativas. Embora a produção científica e tecnológica ainda seja limitada, existe grande potencial para investimentos estratégicos em tecnologias próprias, adaptadas às condições específicas das bacias sedimentares nacionais, sobretudo nas operações em águas ultraprofundas. A ampliação da cooperação entre universidades, empresas e órgãos governamentais é essencial para que o Brasil possa evoluir de um perfil predominantemente consumidor de tecnologia para um protagonista no desenvolvimento de soluções inovadoras em controle de poços.

Por fim, este trabalho contribui para o entendimento das tendências globais em tecnologias de controle de poço, como a utilização de tecnologias em processos de cimentação para o controle de pressão. A prospecção reforça a tecnologia como ferramenta estratégica para orientar investimentos e decisões no setor de petróleo e gás. Recomenda-se, como desdobramento futuro, a ampliação do horizonte temporal da análise e a integração de novas bases de dados patentárias, visando aprofundar a compreensão sobre a evolução das tecnologias emergentes e suas implicações para o cenário nacional. Dessa forma, espera-se que o Brasil avance rumo a um modelo de inovação auto-sustentável, capaz de alinhar segurança operacional, eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental no desenvolvimento da indústria petrolífera.

## REFERÊNCIAS

- ABDALI, Mohammad Reza et al. Petroleum well blowouts as a threat to drilling operation and wellbore sustainability: causes, prevention, safety and emergency response. **Journal of Construction Materials| Special Issue on Sustainable Petroleum Engineering ISSN**, v. 2652, p. 3752, 2021.
- ABDALI, S.; HOSSAIN, M. E.; et al. *Critical Review on Safety Standards and Drilling Control Procedures in Oil Well Operations. Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 205, p. 108-116, 2021.
- AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. *Offshore Technology Conference (OTC)*. 2024. Disponível em: <https://www.aiche.org/conferences/offshore-technology-conference-otc/2026>. Acesso em: 29 maio 2025.
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. OMAE Conference Proceedings. 2024. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/OMAE>. Acesso em: 02 junho 2025.
- AMPARO, Keize Katiane dos Santos; RIBEIRO, Maria do Carmo Oliveira; GUARIEIRO, Lilian Lefol Nani. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, p. 195-209, 2012.
- ASSIS, Leonardo. Inteligência artificial em bibliotecas e unidades de informação: desafios e oportunidades para a ciência e a cultura. **Código 31: revista de informação, comunicação e interfaces**, v. 2, n. 1, 2024.
- AZEVEDO, Fabrício Gonçalves. **Estudo sobre Poços de Alívio para Controle de Blowout em Poço Marítimo de Gás**. 2017. Tese de Doutorado. PUC-Rio.
- COSTA, Dirlaine Oliveira da; LOPEZ, Juliana de Castro. **TECNOLOGIA DOS MÉTODOS DE CONTROLE DE POÇOS E BLOWOUT**. 2011.
- CUNHA, Rodrigo. Indicadores chineses de C&T crescem em ritmo mais acelerado que a economia. **ComCiência**, n. 137, p. 0-0, 2012.
- DA SILVA, Francisco J. Nascimento. **Prospecção Tecnológica De Gamificação: Inovação de aprendizagem em segurança do trabalho**. 2023. 72, Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação) PROFNIT – Ponto Focal Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará- UNIFESSPA, 2023.
- DA SILVA, P. L. **PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: Tendências na reformulação de produtos cárneos com foco na saúde**. MARABÁ/PA: Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará- UNIFESSPA, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO, 2022.

DE MEDEIROS, Ana Beatriz Chagas. O Desenvolvimento Tecnológico no Brasil: Desafios e Oportunidades que a Lei do Bem Gera para as Empresas. **Caderno Virtual**, v. 1, n. 58, 2024.

FRANÇA, Aline Aparecida Carvalho et al. Potencialidades da Piperina: um estudo realizado por meio das técnicas de Prospecção Científica e Tecnológica. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 2, 2021.

GALVES, Leandro Victalino. Impacto da solubilidade de gás na detecção de kicks em fluidos de perfuração de base n-parafina. 2013.

GOMES, Jorge Salgado; ALVES, Fernando Barata. **O Universo da Indústria Petrolífera. 3. ed.** [s.i]: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007. 647 p.

GRACE, Robert D. **Blowout and well control handbook**. Gulf Professional Publishing, 2017.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS (IOGP). *Human Factors in Well Control Operations – Eye Tracking and Interface Studies*. IOGP Technical Report 591, Londres, 2024.

KHAN, Mohammad Farhan. **A critical review of well control procedures for the prevention of blowout (loss of kick)**. 2010.

KUPFER, D.; TIGRE, P. B. Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico. Capítulo 2: prospecção tecnológica. In: **ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL TRABAJO CINTERFOR**. Papeles de La Oficina Técnica. Montevideo: OIT/CINTERFOR, 2004. n. 14.

LEITE FILHO, Eunízio Perminio. Desenvolvimento de um sistema de controle para poços de petróleo equipados com Gas-Lift contínuo. 2022.

LINDI, Oltingey. **Analysis of Kick Detection Methods in the Light of Actual Blowout Disasters**. 2017. Dissertação de Mestrado. NTNU.

LINDI, Oltingey. *Analysis of Kick Detection Methods in the Light of Actual Blowout Disasters*. Dissertação de Mestrado, NTNU, 2017.

MAYERHOFF, Z. D. V. L. **Uma análise sobre os estudos de prospecção tecnológica**. Cadernos de prospecção, 2008, 1.1: 7-9.

*NATIONAL COMMISSION ON THE BP DEEPWATER HORIZON OIL SPILL AND OFFSHORE DRILLING. Deep Water: The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling*. Washington, 2011.

NGULO, Adriano Matuta Simba. **MÉTODOS DE CONTROLE DE POÇO DE PETRÓLEO EM ÁGUAS PROFUNDAS**, 2022.

PETRORO, Andre Luis et al. Estudos Sobre a Formação de Hidratos em Fluidos de Perfuração à Base Água-Revisão Studies on Hydrate Formation in Water Based Drilling Fluids-Review. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 118633-118652, 2021.

PIZZANI, L. et al. A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*. Campinas, v.10, n.1, p.53-66, 2012.

QUINTELLA, Cristina Maria et al. Prospecção tecnológica como uma ferramenta aplicada em ciência e tecnologia para se chegar à inovação. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011.

SANTANA, Jeferson Santos; DE CAMPOS, Henrique Torres; CARDOSO, Elisangela Silvana. Kick E Blowout Na Exploração De Poços De Petróleo—Uma Revisão. **REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA**, v. 13, n. 2, 2021.

SANTOS, Francirenildo Andrade et al. Prospecção Tecnológica: Uma Visão Geral dos Aspectos e Impactos Relevantes das Amidoximas. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 5, 2018.

SANTOS, O. L. A., 2006, “**Segurança de Poços Em Lâminas de Água Ultraprofundas,**” ENAHPE 2006 – Encontro Nacional de Hidráulica de Perfuração e Completação de Poços de Petróleo e Gás, Pedra Azul, Domingos Martins – ES.

SANTOS, Otto Luiz Alcântara. **Segurança de poço na perfuração**. Editora Blucher, 2013.

SCIMAGO. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2024. Disponível em: <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=17013&tip=sid>. Acesso em: 30 maio 2025.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Interciência, 2001.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido saúde, força e perseverança para enfrentar os desafios ao longo desta trajetória acadêmica.

À minha mãe, Joana Ribeiro, e ao meu pai, Alex Ribeiro, pelo amor incondicional, apoio constante, incentivo e ensinamentos que foram fundamentais para minha formação pessoal e acadêmica. Sem vocês, nada disso seria possível.

À minha esposa, Ariane Miranda, pelo companheirismo, paciência, compreensão e apoio diário, especialmente nos momentos mais desafiadores desta caminhada. Sua presença foi essencial para que eu pudesse seguir em frente.

À minha filha, Alicia Ribeiro, que ainda está a caminho, mas que já representa uma grande fonte de motivação, esperança e alegria — mesmo ainda “no forninho”, já transforma minha vida e dá ainda mais sentido a todas as conquistas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Thiago Rafael da Silva Moura, pela orientação, disponibilidade, paciência e contribuições técnicas fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia de Exploração e Produção de Petróleo da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Salinópolis, pelos conhecimentos compartilhados e pela formação acadêmica e profissional proporcionada.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade em avaliar este trabalho e pelas valiosas contribuições.

Aos colegas de curso e amigos, pelo companheirismo, apoio e troca de experiências ao longo da graduação.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.