

## AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE DA PERFURAÇÃO NA BACIA DO PERMIANO

 <https://doi.org/10.56238/rcsv15n3-001>

Data de submissão: 04/02/2025

Data de aprovação: 04/03/2025

**Salomão Luis Antonio**

### RESUMO

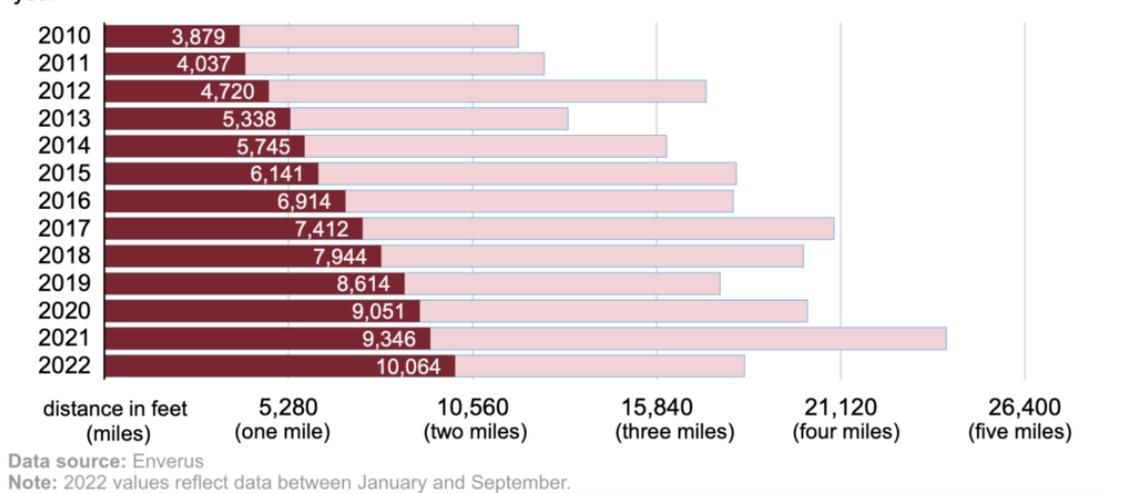
Avanços recentes nas tecnologias de perfuração melhoraram significativamente a eficiência operacional e a sustentabilidade na Bacia do Permiano, um dos centros de produção de petróleo e gás mais importantes do mundo. Inovações como a integração de sistemas digitais, otimização de conjuntos de poços de fundo (BHAs) e perfuração de pressão gerenciada (MPD) contribuíram para conclusões de poços mais rápidas, custos operacionais reduzidos e impacto ambiental minimizado. Um poço recorde foi concluído usando análise de dados em tempo real e equipamentos de perfuração de alto desempenho, demonstrando como a automação e o monitoramento contínuo otimizam os parâmetros de perfuração, aumentam a taxa de penetração (ROP) e reduzem o tempo não produtivo (NPT). A integração de análise preditiva e aprendizado de máquina permitiu ainda mais ajustes dinâmicos, melhorando a eficiência geral. A aplicação de MPD em poços profundos, particularmente na formação Wolfcamp D, mostrou resultados promissores, aumentando a ROP em 23,8% e reduzindo os custos do fluido de perfuração. Além disso, novas abordagens na perfuração direcional reduziram a necessidade de vários BHAs, simplificando as operações e cortando despesas. Além do desempenho de perfuração, o gerenciamento da água continua sendo um desafio crítico na produção de petróleo não convencional. Estudos têm destacado a necessidade de uso sustentável da água, incluindo a reutilização da água produzida para reduzir o consumo de água doce e os riscos ambientais. O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas é essencial para mitigar os riscos de contaminação por fraturamento hidráulico. À medida que a demanda por eficiência e sustentabilidade cresce, essas inovações marcam um passo significativo na perfuração de poços não convencionais. Com avanços tecnológicos contínuos, a Bacia do Permiano deve permanecer líder na indústria de petróleo e gás, estabelecendo novos padrões para exploração e produção futuras.

**Palavras-chave:** Eficiência de perfuração. Perfuração de pressão gerenciada (MPD). Análise preditiva. Gestão da Água. Sustentabilidade.

## 1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Permiano, localizada no oeste do Texas, tem sido um dos principais centros de produção de petróleo e gás, reconhecida por suas vastas reservas e formações geologicamente complexas. Recentemente, a região alcançou um marco significativo na eficiência de perfuração, registrando o tempo mais rápido para atingir a profundidade total (TD) para um poço lateral convencional superior a 5.000 pés. Esse progresso destaca a evolução contínua da tecnologia de perfuração e melhorias operacionais no setor de petróleo e gás. Os poços laterais convencionais, que seguem trajetórias horizontais para acessar formações de xisto, enfrentam desafios como a necessidade de alta precisão na navegação em camadas geológicas complexas. A adoção de tecnologias avançadas, incluindo sistemas rotativos dirigíveis (RSS), monitoramento em tempo real e automação, tem sido essencial para superar essas dificuldades.

**Figura 1:** Comprimento lateral médio e máximo anual da Bacia do Permiano por poço (2010 – 2022).  
**Permian Basin annual average and maximum lateral length per well (2010–2022)**



Fonte: Enverus.

Quebrando recordes, um poço recente foi concluído usando equipamentos de alto desempenho e análise de dados em tempo real. A automação e o monitoramento contínuo desempenharam um papel crucial na otimização dos parâmetros de perfuração, garantindo a eficiência operacional e reduzindo o tempo não produtivo (NPT). Além disso, ferramentas avançadas de fundo de poço e projetos inovadores de brocas permitiram taxas de penetração (ROP) mais altas sem comprometer a estabilidade do poço. Um fator chave para o sucesso deste projeto foi a integração de análise preditiva e aprendizado de máquina, permitindo ajustes dinâmicos nos parâmetros de perfuração com base nos dados coletados. Essa abordagem não apenas acelerou o processo, mas também reduziu custos e melhorou a eficiência operacional geral.

Essa conquista representa um passo significativo para maximizar o potencial dos recursos não convencionais na região. A capacidade de perfurar laterais convencionais até a profundidade total em tempo recorde estabelece uma nova referência para operações futuras, especialmente em áreas onde a exploração eficiente da formação de xisto é crítica para a produção. Com o avanço contínuo das tecnologias de perfuração, espera-se que mais inovações aumentem a velocidade e a sustentabilidade da extração de petróleo e gás na Bacia do Permiano e além.

Noel et al. (2023) introduziram uma grande inovação no processo de perfuração da região, com foco na severidade dogleg (DLS) e nas longas seções laterais necessárias para a exploração. Tradicionalmente, a perfuração de poços de 8,5 polegadas requer duas configurações de montagem de fundo de poço (BHA): uma para a curva e outra para a seção lateral, o que aumenta os custos, o tempo e os riscos operacionais. A solução proposta no estudo permitiu que ambas as fases fossem concluídas em uma única operação, aumentando a eficiência e reduzindo despesas. Por meio de modelagem digital proprietária e simulação dinâmica de perfuração, os pesquisadores avaliaram as características do projeto para otimizar o desempenho direcional. Os testes demonstraram que a redução da distância entre os atuadores RSS e a broca (L1) melhorou a capacidade de construção de ângulos, o controle de trajetória e a gravidade do dogleg. Os resultados foram notáveis, com uma seção de curva mais rápida e uma conclusão lateral ininterrupta. Além disso, a abordagem levou a um aumento de 19% nas imagens perfuradas por dia e a uma redução significativa nas emissões de CO<sub>2</sub> por poço, reforçando o impacto positivo da solução na sustentabilidade operacional.

Li et al. (2023) ressaltaram a importância da eficiência de perfuração como um diferencial competitivo nos campos petrolíferos dos EUA, enfatizando a necessidade de minimizar as disfunções operacionais e maximizar a eficiência energética. O aumento da rotação, fluxo e peso na broca (WOB) geralmente resulta em impactos e vibrações, em vez de melhorar o desempenho da perfuração. Para resolver esse problema, os pesquisadores desenvolveram um fluxo de trabalho digital de circuito fechado baseado em sensores proprietários que capturam medições detalhadas de aceleração, vibração de torção e rotação. Este dispositivo, integrado diretamente na broca sem comprometer a integridade do BHA, permite a coleta e análise de dados em tempo real para modelagem digital precisa, otimizando o projeto sem depender de tentativa e erro. Inicialmente aplicado no leste do Texas, o método resultou em um aumento de 69% na taxa de penetração, melhores condições de desgaste da broca e uma redução de 67% nas vibrações locais. Na Bacia do Permiano, essa abordagem aumentou a ROP em uma média de 10%, superando as barreiras tradicionais de desempenho e acelerando o desenvolvimento de brocas otimizadas.

Os crescentes desafios na gestão da água produzida (PW) e nas demandas de água de fraturamento hidráulico na região foram investigados por Scanlon et al. (2017), que examinaram a

Bacia do Permiano depois que ela se tornou o maior campo de exploração não convencional do mundo após a revolução do xisto. O estudo descobriu que os poços convencionais geram aproximadamente 13 vezes mais água do que petróleo, com essa água normalmente reinjetada para maior recuperação de petróleo. Em contraste, poços horizontais não convencionais, que requerem volumes de água significativamente maiores para fraturamento (10 a 16 vezes mais por poço entre 2008 e 2015), têm uma proporção mais baixa de água para óleo (3 versus 13 em poços convencionais). No entanto, essa água não pode ser reinjetada em formações de xisto e deve ser descartada em camadas geológicas não produtoras, potencialmente levando a sobrepressão e sismicidade induzida. O estudo sugere que a reutilização da água produzida com tratamento mínimo poderia atender às demandas de fraturamento e reduzir a dependência de novas fontes de água, promovendo práticas mais sustentáveis.

Para abordar as preocupações ambientais, Hildenbrand et al. (2016) avaliaram o impacto de longo prazo do desenvolvimento não convencional de petróleo e gás (UD) na qualidade das águas subterrâneas, preenchendo uma lacuna deixada por estudos anteriores que não consideraram variações temporais. Ao longo de 13 meses, os pesquisadores analisaram a água de 42 poços privados em três condados da Bacia do Permiano, coletando amostras em quatro intervalos distintos para rastrear as mudanças à medida que as atividades da UD progrediam. Embora alguns parâmetros tenham permanecido estáveis, foram observadas variações significativas nos níveis de carbono orgânico total e pH, juntamente com a detecção ocasional de compostos como etanol, brometo e diclorometano. Os resultados sugerem que a contaminação das águas subterrâneas pode ser transitória, com substâncias aparecendo de forma intermitente. O estudo ressalta a necessidade de monitoramento contínuo para entender melhor os riscos ambientais associados ao fraturamento hidráulico e à perfuração horizontal.

Cody et al. (2024) exploraram a aplicação inovadora da Perfuração de Pressão Gerenciada (MPD) como uma técnica de otimização na Bacia do Permiano, particularmente para poços mais profundos na formação Wolfcamp D. Tradicionalmente usado para detecção precoce de influxo e controle de zonas sobrepressurizadas, o MPD demonstrou potencial para melhorar a eficiência da perfuração, reduzindo os pesos convencionais da lama e compensando com a pressão aplicada na superfície. Em Wolfcamp D, a implementação dessa técnica com uma redução de 2,5 ppg no peso da lama levou a um aumento de 23,8% na taxa de penetração e uma economia de 5,85 dias por poço. Além disso, os custos de lama lateral foram reduzidos em 25% devido à menor necessidade de material. O MPD também possibilitou a execução da curva e das seções laterais em uma única etapa, alcançando um tempo total de perfuração de apenas 5,3 dias até a liberação da sonda. Esses resultados sugerem que o MPD pode ser crucial para a viabilidade econômica de poços mais profundos, aprimorando as métricas ambientais, sociais e de governança (ESG) e garantindo operações mais eficientes na Bacia do Permiano.

Avanços recentes na perfuração na Bacia do Permiano demonstram como a combinação de inovação tecnológica, automação e análise de dados pode transformar a eficiência operacional na exploração de petróleo e gás. O desenvolvimento de novas técnicas, como a integração de sistemas digitais, otimização de BHA e Perfuração de Pressão Gerenciada (MPD), não apenas reduziu o tempo e os custos operacionais, mas também permitiu uma abordagem mais sustentável, minimizando os impactos ambientais e maximizando a utilização de recursos.

Além disso, estudos sobre a gestão da água produzida e os impactos ambientais destacam a importância de estratégias sustentáveis para mitigar os riscos associados ao fraturamento hidráulico e à contaminação de aquíferos. O reúso da água produzida e o monitoramento contínuo da qualidade da água são medidas essenciais para garantir a viabilidade de longo prazo da produção na região.

No contexto da crescente demanda por eficiência e sustentabilidade no setor de petróleo e gás, as inovações discutidas representam um marco na evolução da perfuração de poços não convencionais. À medida que novas tecnologias continuam a ser desenvolvidas e implementadas, espera-se que a Bacia do Permiano permaneça na vanguarda da indústria, estabelecendo padrões para operações futuras e solidificando sua posição como um dos principais centros de produção de energia do mundo.

## REFERÊNCIAS

- Cody, S., Sadat, A., Gill, K., Bowman, F., & Balderston, M. (2024). Performance Drilling with Managed Pressure Drilling in the Permian Basin: A Case Study in the Wolfcamp Formation. *Day 2 Wed, March 06, 2024*. <https://doi.org/10.2118/217710-ms>.
- Hildenbrand, Z., Carlton, D., Fontenot, B., Meik, J., Walton, J., Thacker, J., Korlie, S., Shelor, C., Kadjo, A., Clark, A., Usenko, S., Hamilton, J., Mach, P., Verbeck, G., Hudak, P., & Schug, K. (2016). Temporal variation in groundwater quality in the Permian Basin of Texas, a region of increasing unconventional oil and gas development. *The Science of the total environment*, 562, 906-913. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.144>.
- Li, D., Cherel, A., Zhang, P., Tang, K., Byrd, C., Mendoza, D., & Procel, E. (2023). Closed-Loop Digital Workflow to Drive Drilling Performance. *Day 1 Mon, October 16, 2023*. <https://doi.org/10.2118/215063-ms>.
- Noel, A., Mendoza, D., Li, D., Perez, F., Andreasen, G., Tang, K., Buitrago, O., Sardjono, R., & Oluwadare, S. (2023). New One BHA Solution for High Dogleg Severity Curve and Lateral Drilling. *Day 3 Thu, March 09, 2023*. <https://doi.org/10.2118/212567-ms>.
- Rodríguez, J., Heo, J., & Kim, K. (2020). The Impact of Hydraulic Fracturing on Groundwater Quality in the Permian Basin, West Texas, USA. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w12030796>.
- Scanlon, B., Reedy, R., Male, F., & Walsh, M. (2017). Water Issues Related to Transitioning from Conventional to Unconventional Oil Production in the Permian Basin. *Environmental science & technology*, 51 18, 10903-10912. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02185>.
- Moreira, C. A. (2025). Digital monitoring of heavy equipment: advancing cost optimization and operational efficiency. *Brazilian Journal of Development*, 11(2), e77294. <https://doi.org/10.34117/bjdv11n2-011>
- Delci, C. A. M. (2025). THE EFFECTIVENESS OF LAST PLANNER SYSTEM (LPS) IN INFRASTRUCTURE PROJECT MANAGEMENT. *Revista Sistemática*, 15(2), 133–139. <https://doi.org/10.56238/rcsv15n2-009>
- SANTOS, Hugo; PESSOA, Eliomar Gotardi. Impact of digitalization on the efficiency and quality of public services: A comprehensive analysis. *LUMENET VIRTUS*, [S.l.], v. 15, n. 40, p. 440944-14, 2024. DOI: 10.56238/levv15n40024. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/452>. Acesso em: 25jan.2025.
- Freitas, G. B., Rabelo, E. M., & Pessoa, E. G. (2023). Projeto modular com reaproveitamento de container marítimo. *Brazilian Journal of Development*, 9(10), 28303-28339. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n10057>
- Freitas, G. B., Rabelo, E. M., & Pessoa, E. G. (2023). Projeto modular com reaproveitamento de container marítimo. *Brazilian Journal of Development*, 9(10), 28303-28339. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n10057>
- Pessoa, E. G., Feitosa, L. M., e Padua, V. P., & Pereira, A. G. (2023). Estudos dos recalques primários em uma terra executados sobre argila mole do Sarapuí. *Brazilian Journal of Development*, 9(10), 28352–28375. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n10059>

PESSOA, E. G.; FEITOSA, L. M.; PEREIRA, A. G.; EPADUA, V. P. Efeitos de espécies de alga na eficiência de coagulação, Al residual e propriedade dos flocos no tratamento de água superficiais. *Brazilian Journal of Health Review*, [S.l.], v. 6, n. 5, p. 2481424826, 2023. DOI: 10.34119/bjhrv6n5523. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/63890>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SANTOS, Hugo; PESSOA, Eliomar Gotardi. Impact of digitalization on the efficiency and quality of public services: A comprehensive analysis. *LUMENET VIRTUS*, [S.l.], v. 15, n. 40, p. 44094414, 2024. DOI: 10.56238/levv15n40024. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/452>. Acesso em: 25 jan. 2025.

Filho, W. L. R. (2025). The Role of Zero Trust Architecture in Modern Cybersecurity: Integration with IAM and Emerging Technologies. *Brazilian Journal of Development*, 11(1), e76836. <https://doi.org/10.34117/bjdv11n1-060>

Oliveira, C. E. C. de. (2025). Gentrification, urban revitalization, and social equity: challenges and solutions. *Brazilian Journal of Development*, 11(2), e77293. <https://doi.org/10.34117/bjdv11n2-010>

Filho, W. L. R. (2025). THE ROLE OF AI IN ENHANCING IDENTITY AND ACCESS MANAGEMENT SYSTEMS. *International Seven Journal of Multidisciplinary*, 1(2). <https://doi.org/10.56238/isevmjv1n2-011>