



*Imagem gerada por IA (ChatGPT, OpenAI) para fins ilustrativos

EXEMPLO DE IMPACTO DA IA EM ATIVIDADE ECONÔMICA: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA OTIMIZAÇÃO DA PROSPECÇÃO DE PETRÓLEO EM RESERVATÓRIOS

João P. Abreu^{1,*}

1- Instituto de Química, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP

*e-mail: jpabreu@usp.br

Resumo:

Uma etapa que antecede a exploração e produção de campos de petróleo é a descoberta das reservas e a confirmação do seu potencial comercial. Trata-se de uma atividade onerosa e demorada, que envolve a aquisição e interpretação de dados geológicos complexos e da confirmação real, com a perfuração de poços exploratórios, atividade que a depender do campo de petróleo e do conhecimento da empresa envolvida, pode ter taxa de sucesso inferior a 50%. A interpretação de dados sísmicos com a utilização de inteligência artificial tem sido revolucionária nos últimos anos principalmente porque promove maior precisão das atividades de exploração, o que reduz os custos significativamente.

Palavras-chave: Exploração; Petróleo; Inteligência artificial

Artificial intelligence for optimization of oil prospection in reservoirs

Abstract: Before the exploration and production of oil fields, a preceding step in the entire process is the discovery of reserves and the confirmation of their commercial potential. This costly and time-consuming activity involves the acquisition and interpretation of complex geological data and real confirmation through the drilling of exploratory wells. Depending on the oil field and the knowledge of the involved company, the success rate of this activity can be less than 50%. The interpretation of seismic data using artificial intelligence has been revolutionary in recent years and is boosting results, especially with the increased accuracy of exploration activities, which significantly reduces costs.

Keywords: Exploration, Oil, Artificial intelligence

A Inteligência artificial na redução de custos e antecipação de projetos de produção de petróleo

Atualmente na indústria do petróleo são desenvolvidas plataformas inovadoras de análise de dados, cujo objetivo é mapear o potencial de produção de áreas disponíveis para estudos e porções de campos em desenvolvimento. Estas ferramentas integram grandes volumes de dados obtidos dos reservatórios de petróleo, possibilitando análises comparativas e o compartilhamento de informações.^{1,2}

No caso específico da Petrobras, há o programa estratégico CÉOS, que visa desenvolver os melhores modelos de reservatórios já construídos na indústria, com o objetivo de aumentar reservas, acelerar processos, reduzir riscos e custos com aquisição de dados, além

de antecipar a implantação de projetos. Para atingir este objetivo, o programa utiliza metodologias ágeis no desenvolvimento das soluções e tecnologias digitais, como a Inteligência Artificial, para solucionar os problemas associados à modelagem de reservatórios, alguns deles representando o limite do conhecimento. A utilização do CÉOS visa acelerar processos de reservatório e a implantação de projetos, assim reduzindo o tempo entre a declaração de comercialidade e o primeiro volume de óleo produzido para apenas mil dias.³

O resultado das primeiras entregas foi a redução em 80% do tempo da etapa de análise e consumo de dados para a modelagem geológica de reservatórios, contribuindo para a antecipação da fase de produção. Ao se ampliar desta forma e agilizar a oferta de dados sobre os campos, foi elevada a assertividade das decisões, com ganhos significativos para a implantação e a economicidade dos sistemas de produção.³

Inicialmente os ganhos se referem ao compartilhamento de informações. Milhares de dados sobre a dinâmica dos reservatórios são adquiridos diariamente e a proposta é permitir, por meio da Inteligência Artificial, que eles sejam disponibilizados e analisados em tempo real. Isso significa dar aos geólogos e geofísicos acesso a todas as informações existentes sobre os reservatórios mapeados pela empresa. Assim, ao começar a analisar os dados de uma nova área adquirida pela empresa, o especialista, por meio de busca, visualiza quais campos têm características semelhantes, quais soluções foram adotadas e as lições aprendidas.³



Dado Sísmico	Descrição
Localização	Identificação geográfica do ponto de medição.
Profundidade	Distância vertical até o ponto de interesse.
Velocidade Sísmica	Velocidade de propagação das ondas sísmicas através dos materiais.
Amplitude de Reflexão	Intensidade do eco recebido após as ondas sísmicas refletirem nas diferentes camadas geológicas.
Características Geológicas	Descrição das formações rochosas detectadas pelas ondas sísmicas.
Frequência das Ondas	Número de oscilações por segundo das ondas sísmicas, que ajuda na identificação da composição do material geológico.

Figura 1: Principais dados sísmicos obtidos na pesquisa geológica. Imagem gerada por IA (ChatGPT, OpenAI) para fins ilustrativos.

Por meio de algoritmos de Inteligência Artificial, a ferramenta sugere ao geólogo os melhores parâmetros a serem incorporados em sua análise. A ideia é capturar padrões de dados grandes e complexos e, com o uso da ferramenta, processar esse volume de informações, além de entregar resultados de modo mais rápido e assertivo, extraindo o máximo potencial dos dados.³

A atividade de levantamento sísmico constitui-se do uso de equipamentos e análises para que possam ser obtidas informações sobre reservatórios de petróleo e gás natural. É como se fosse uma “ultrassonografia”, visando encontrar e/ou monitorar estruturas com potencial para armazenar óleo e gás. Para realização das atividades de Pesquisa Sísmica são utilizadas fontes sísmicas, equipamentos conhecidos como canhões de ar (airguns), que emitem ondas sonoras, as quais penetram o subsolo marinho.⁴ Os receptores podem ser posicionados próximos à superfície da água, presos por cabos e rebocados pelos navios sísmicos. Esta tecnologia é chamada de streamer ou com cabos conforme a figura 2. As ondas são refletidas e captadas por receptores.⁴

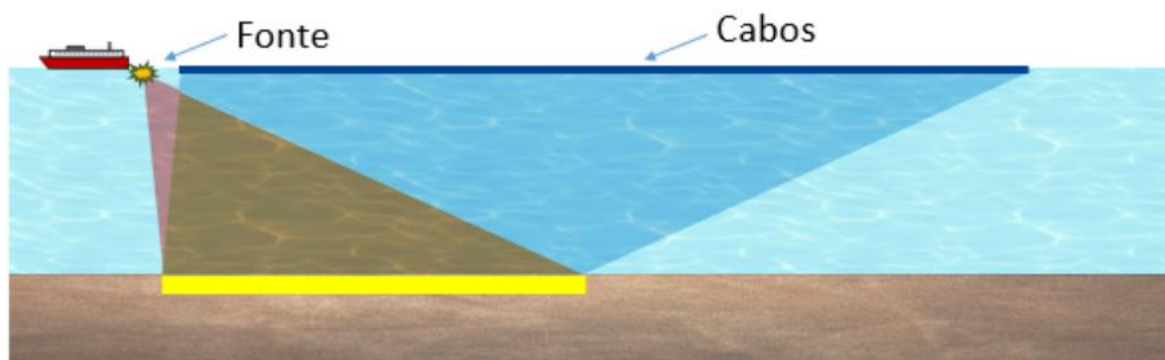


Figura 2: Ilustração da atividade dos navios pesquisadores

É possível também posicionar os receptores no fundo marinho durante a aquisição dos dados sísmicos, através das tecnologias Nodes de Fundo Oceânico (Ocean Bottom Nodes, OBN) (Figura 3a) e Monitoramento Permanente de Reservatório (Figura 3b Permanent Reservoir Monitoring, PRM).⁴

Os sinais captados pelos receptores são processados em computadores, resultando em imagens representativas das estruturas existentes na subsuperfície da Terra. Após análise das imagens por profissionais especializados, é possível verificar se as rochas têm possibilidade de conter reservatórios de petróleo e gás natural.⁴

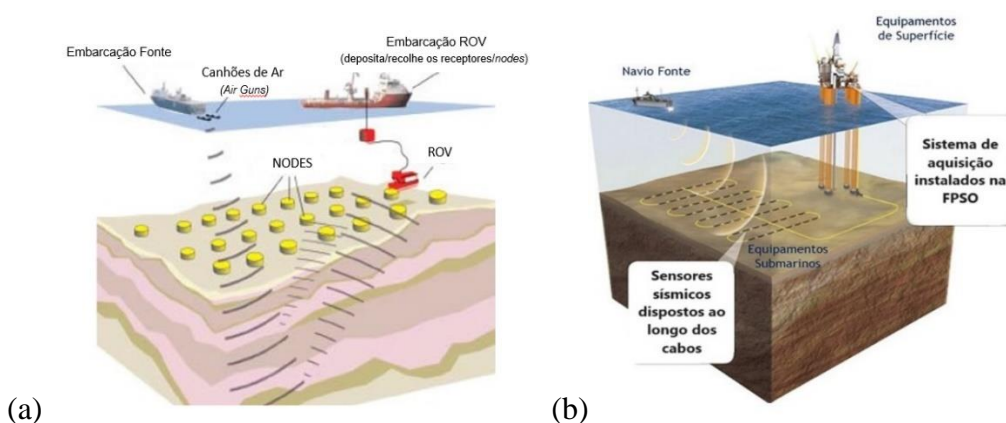


Figura 3. Tipos alternativos de aquisição de dados geológicos

Foi desenvolvido também o programa estratégico EXP100 que visa eliminar a necessidade da perfuração poços exploratórios para confirmar descobertas de petróleo. Os

programas CÉOS e EXP100 possuem grande sinergia pelo uso de inteligência artificial para potencializar a aplicação de dados geocientíficos nos projetos de Exploração e Produção, proporcionando ferramentas disruptivas aos geofísicos, geólogos e engenheiros de reservatórios e aumentando a geração de valor dos projetos.⁴

O funcionamento do CÉOS

O Centro de Excelência em Operações Submarinas (CÉOS) é uma instituição de ponta dedicada à inovação e ao aprimoramento das técnicas de exploração e produção de petróleo em ambientes submarinos. Utilizando avançados sistemas de inteligência artificial (IA), o CÉOS transforma grandes volumes de dados sísmicos em insights valiosos para a descoberta e avaliação de potenciais campos petrolíferos. Esses sistemas de IA incluem redes neurais convolucionais para a interpretação automática de dados sísmicos, aprendizado de máquina para análise preditiva e otimização de operações, além de algoritmos de aprendizado por reforço para planejamento estratégico de perfuração. Através da integração dessas tecnologias, o CÉOS garante maior precisão nas decisões de exploração, maximizando a eficácia operacional e minimizando riscos ambientais e econômicos.⁴

O Sistema emprega inteligência artificial (IA) de várias maneiras inovadoras para potencializar a aplicação de dados geocientíficos nos projetos de Exploração e Produção de petróleo. A seguir alguns exemplos de como a IA é utilizada:⁵

- Interpretação Sísmica Automatizada: A IA é usada para interpretar dados sísmicos, que são cruciais para identificar e avaliar reservatórios potenciais de petróleo e gás subterrâneos. Através de técnicas como aprendizado de máquina e processamento de imagens, a IA pode automatizar a análise de grandes volumes de dados sísmicos, identificando padrões que podem indicar a presença de hidrocarbonetos;
- Otimização de Perfuração: A IA ajuda a otimizar os planos de perfuração analisando dados geocientíficos e operacionais. Isso inclui a seleção de locais de perfuração ideais

e a definição de parâmetros operacionais que maximizam a eficiência e minimizam os riscos durante a perfuração;

- Modelagem e Simulação de Reservatórios: Utilizando técnicas avançadas de IA, o Sistema C pode criar modelos de reservatórios mais precisos e detalhados. Estes modelos permitem simulações que ajudam a prever o comportamento do reservatório sob diferentes cenários de produção, facilitando o planejamento e a gestão eficiente dos recursos.

O Sistema emprega inteligência artificial (IA) tendo como base as seguintes tecnologias:

- Aprendizado de Máquina Supervisionado: Este é um dos métodos mais comuns de IA, onde modelos são treinados usando grandes conjuntos de dados rotulados. No contexto do Sistema C, isso pode ser usado para interpretar dados sísmicos, onde o modelo aprende a identificar padrões associados a diferentes formações geológicas ou acumulações de hidrocarbonetos. Algoritmos como redes neurais convolucionais (CNNs) podem ser particularmente úteis para processar imagens sísmicas.
- Aprendizado de Máquina Não Supervisionado: Este método é usado para analisar dados sem etiquetas pré-definidas. É útil para identificar agrupamentos ou padrões naturais em dados geocientíficos, como a clusterização de propriedades do reservatório ou variações sísmicas que podem não ser imediatamente óbvias.
- Redes Neurais Profundas (Deep Learning): Especialmente útil para o processamento e interpretação automática de grandes conjuntos de dados, como imagens sísmicas e dados de poços. As redes neurais profundas podem ser treinadas para realizar tarefas complexas, como a identificação de zonas de fraturas ou a predição de propriedades do fluido em reservatórios.
- Processamento de Linguagem Natural (PLN): Embora menos comum em aplicações puramente geocientíficas, o PLN pode ser usado no Sistema C para analisar relatórios técnicos, registros de perfuração e outras documentações para extrair informações úteis e tendências históricas que podem informar decisões futuras.

- Reinforcement Learning (Aprendizado por Reforço): Este tipo de IA é particularmente útil para otimizar operações, como a perfuração ou a produção. O modelo aprende a tomar decisões, ajustando suas ações com base em feedbacks de performance, para maximizar um resultado desejado, como minimizar custos ou maximizar a extração de petróleo.⁵

Vejamos um exemplo mais detalhado e específico, incluindo dados fictícios, sobre como o Centro de Excelência em Operações Submarinas (CÉOS) poderia usar dados sísmicos para explorar um campo de petróleo chamado Campo Ômega.

Cenário: Exploração do Campo Ômega

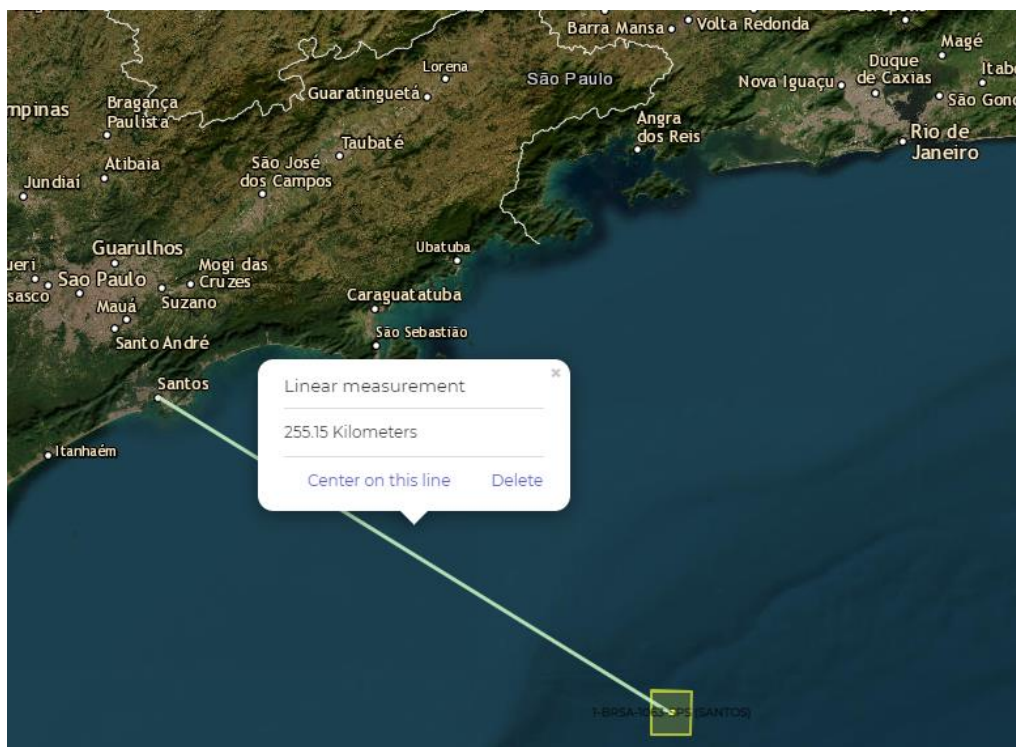


Figura 4: Exemplo de um campo real na Bacia de Santos

Área de interesse: Campo Ômega, localizado na Bacia de Santos.

Objetivo: Investigar e avaliar o potencial petrolífero da formação geológica Ômega, suspeita de conter significativas reservas de petróleo.

Dados Fictícios e Configurações:

- **Área de Interesse:** 50 km²
- **Profundidade do Reservatório:** 2.500 metros abaixo do leito marinho
- **Tecnologia de Aquisição Sísmica:** Sísmica 3D de última geração com um arranjo de 60 sensores oceânicos

Etapas 1: Aquisição e Processamento de Dados Sísmicos

- **Aquisição de Dados:** Utilizando navios equipados com canhões de ar, são emitidos pulsos sonoros que penetram até o subsolo marinho, sendo os ecos captados pelos sensores.
- **Processamento de Dados:** Aplica-se a técnica de migração sísmica pós-empilhamento para construir uma imagem clara da subsuperfície. Os dados são processados para corrigir distorções devido à salinidade da água e variações de temperatura.

Etapas 2: Interpretação Sísmica com IA

- **Dados de Treinamento:** O modelo de rede neural foi treinado usando um banco de dados de mais de 200 campos já explorados, contendo características de estruturas geológicas associadas a reservatórios produtivos.
- **Aplicação do Modelo:** A rede neural processa os dados sísmicos e identifica várias estruturas promissoras no Campo Ômega, incluindo uma grande falha anticlinal, indicativa de uma possível armadilha de petróleo.

Componente	Função
Camada de Entrada	Recebe imagens sísmicas representando cortes do subsolo.
Camadas Convolutivas	Aplicam filtros para detectar características geológicas importantes, como camadas e falhas.
Camadas de Pooling	Reduzem a dimensionalidade dos dados, mantendo apenas as características mais importantes.
Camadas Totalmente Conectadas	Analisa as características extraídas para fazer previsões sobre as propriedades geológicas.
Camada de Saída	Fornece as interpretações finais, como a presença de hidrocarbonetos ou o tipo de rochas.

- **Treinamento do Modelo:** Utiliza dados de campos já explorados para aprender a identificar padrões geológicos.
- **Aplicação do Modelo:** Aplicado a novos conjuntos de dados para prever a localização e a composição de potenciais reservatórios de petróleo.
- **Resultados de IA:** O modelo estima que a estrutura contém aproximadamente 120 milhões de barris de petróleo recuperável, com uma precisão de 85% baseada nas características sísmicas correlatas.

Etapla 3: Planejamento de Perfuração

- **Localização do Poço Exploratório:** Com base na interpretação da IA, é escolhido um local ótimo para a perfuração exploratória no ponto central da falha anticlinal.
- **Planejamento de Perfuração:** Decisões sobre a trajetória do poço, o tipo de broca e os parâmetros de perfuração são otimizados usando algoritmos de aprendizado por reforço para maximizar a probabilidade de sucesso e minimizar custos.

Etapla 4: Avaliação Econômica

- **Estimativas de Custos:** A perfuração do poço exploratório é estimada em \$50 milhões, incluindo os custos de logística e preparação do site.
- **Análise de Viabilidade:** Modelos de previsão econômica são aplicados para avaliar a viabilidade do projeto, assumindo um preço do barril de petróleo a \$60 e uma taxa de retorno esperada de 15% ao ano.

Decisão e Implementação

- **Apresentação ao Comitê Executivo:** Os resultados são compilados em um relatório detalhado, incluindo análises de riscos, potenciais recompensas e recomendações do sistema de IA.
- **Decisão:** Com base nas análises apresentadas, o comitê decide prosseguir com a perfuração exploratória no Campo Ícaro.

Este cenário fictício ilustra como o Sistema C poderia efetivamente utilizar técnicas avançadas de IA para transformar dados sísmicos em insights concretos sobre o potencial petrolífero de uma nova formação, conduzindo a decisões informadas sobre exploração e produção em condições desafiadoras. A IA neste caso pode reduzir os custos de exploração de forma direta reduzindo o número de poços exploratórios e até mesmo viabilizando a prospecção de um campo, com um potencial de milhões de barris e bilhões de reais.

CONCLUSÃO

O exemplo do Sistema CÉOS utilizando inteligência artificial (IA) para explorar o Campo Ômega ilustra claramente o impacto transformador da tecnologia nos processos de exploração de petróleo. A integração de IA na análise de dados sísmicos e no planejamento de operações não só aumenta a eficiência e precisão, mas também possibilita descobertas que podem não ser viáveis através de métodos convencionais. Este avanço tecnológico representa um salto significativo para a indústria petrolífera, promovendo uma exploração mais sustentável e economicamente viável. No entanto, a implementação da IA no mercado de trabalho traz consigo aspectos também negativos, além dos positivos. Por um lado, a automação e a otimização de processos podem reduzir a necessidade de mão de obra para tarefas repetitivas e perigosas, melhorando a segurança e permitindo que os trabalhadores se concentrem em funções mais estratégicas e criativas. Além disso, a necessidade de especialistas em IA e análise de dados está criando oportunidades de emprego, impulsionando a demanda por novas habilidades e conhecimentos. Por outro lado, a rápida adoção da IA pode resultar em desafios significativos, incluindo a desvalorização de certas competências tradicionais e possíveis desempregos em setores menos adaptados à digitalização. Além disso, há o risco de que a concentração de conhecimento técnico e a dependência de sistemas automatizados possam levar a uma perda de expertise prática essencial, especialmente em campos que exigem muito julgamento humano e experiência contextual.

Em conclusão, enquanto o Sistema C e tecnologias similares demonstram o potencial benéfico da IA, é crucial para as empresas e sociedades planejarem cuidadosamente a integração dessa tecnologia no mercado de trabalho. Isso inclui investir em educação e treinamento, adaptar políticas de emprego e desenvolver estratégias para mitigar os impactos negativos, assegurando que o avanço tecnológico beneficie a todos de maneira equitativa.

REFERÊNCIAS

1. Thomas, J. E.; *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*, 2ª edição, Interciência, 2004.
2. Bangert, P. *Artificial Intelligence and Data Science in the Petroleum Industry*. Technical Insights, 2020.
3. <https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br/empreendimentos/pesquisa-sismica-maritima>, acessada em Outubro 2024.
4. <https://portal.petrobras.com.br>, acessada em Outubro de 2024. Inteligência Artificial: reduzimos em 80% etapa da modelagem de reservatórios - Portal Petrobras
5. Pandey, Y. N. *Machine Learning in the Oil and Gas Industry*. Apress, 2020.