




# Poços de petróleo mais produtivos





## Estudos indicam que nanopartículas de sílica podem aumentar o volume de óleo e gás extraídos dos reservatórios

Yuri Vasconcelos

**E**mpregar a nanociência para elevar a produtividade de poços de petróleo, extraído de reservatórios submarinos e continentais o óleo que não é recuperado pelos métodos tradicionais, é o objetivo dos estudos do físico Caetano Miranda, professor do Departamento de Física de Materiais e Mecânica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP). A ideia central do pesquisador, que recorre à modelagem computacional para simular o interior de poços de petróleo em escala micro e nanométrica, é usar nanopartículas de óxidos, como a sílica, impregnadas com surfactantes – substâncias utilizadas pelas empresas petrolíferas na exploração das reservas – para extrair o petróleo aderido às rochas que formam os reservatórios. Hoje, apenas 35% do óleo contido nos poços é extraído, em média. A finalidade da nova técnica é dobrar esse percentual.

Para compreender como as nanopartículas de sílica irão atuar na exploração petrolífera, é preciso entender que tanto o óleo quanto o gás não estão armazenados em bolsões ou grandes cavernas subaquáticas ou subterrâneas. O óleo e o gás se acumulam em espaços vazios de rochas sedimentares porosas, como se fossem água em uma esponja encharcada. Quando o poço é perfurado, parte do óleo flui naturalmente, por causa da diferença de pressão – mais elevada no reservatório e menor na superfície. “Nessa recuperação primária, são extraídos em torno de 5% a 15% do total de hidrocarbonetos armazenados no depósito. Esse percentual varia conforme certos fatores, entre eles o tipo de rocha que forma o reservatório e características do óleo, como sua viscosidade, por exemplo”, explica Miranda.

No momento em que o poço começa a reduzir sua produção, as petrolíferas injetam nele água, gás carbôni-

co (CO<sub>2</sub>) e nitrogênio para deslocar o petróleo ainda presente no reservatório. Esses fluidos são introduzidos nos poços a certa distância do local de produção e têm ação puramente mecânica, empurrando o óleo em direção à coluna de perfuração. Nesse processo de recuperação secundária do óleo chega-se à média de 35% do volume extraído na maioria dos poços do planeta.

A partir desse ponto, se estudos das petrolíferas comprovarem que há viabilidade econômica, elas continuam explorando o reservatório, injetando no poço surfactantes para fazer o deslocamento do óleo residual. “Surfactante é um produto semelhante ao sabão que altera as interfaces entre o óleo, a rocha e a água salgada, os três componentes do sistema. Ele diminui as tensões interfaciais desses componentes nos reservatórios, modificando a viscosidade do óleo e fazendo com que se desloque mais facilmente”, explica Miranda. Essa substância, porém, apresenta dois problemas. O primeiro é o custo elevado. A petrolífera precisa usar grandes volumes de surfactante, o que implica uma complexa logística de transporte, porque a maioria dos poços se encontra em lugares remotos. O segundo problema é que surfactantes são intolerantes à alta salinidade e à elevada temperatura. Nessas condições, eles precipitam, depositando-se na superfície das rochas. Quando isso acontece, eles não alteram a viscosidade do óleo residual, essencial para sua recuperação.

As pesquisas com uso de modelagem computacional feitas por Miranda recaem justamente na escolha do melhor material para fazer o papel de surfactante. O pesquisador estuda nanopartículas capazes de auxiliar na extração de óleo e gás retidos em nanoporos e microporos das rochas e, ao mesmo tempo, procura compreender o comportamento des-

Antes de testar nos campos petrolíferos as soluções para retirar mais óleo das rochas, é preciso fazer a simulação em computador

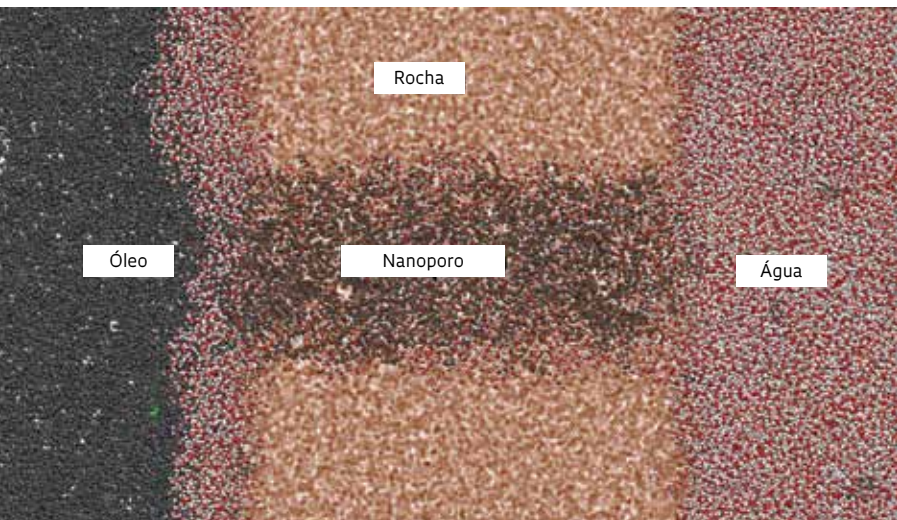


Ilustração realizada em computador simula o fluxo de óleo entrando em um nanoporo na rocha, preenchido inicialmente com água salgada. Óleo e água se misturam no nanoporo

sas nanoestruturas. “Não sabemos o que ocorre com o petróleo ou o gás natural quando eles estão confinados nos nanoporos. Sequer conhecemos o percentual de óleo e gás retido neles”, diz Miranda.

O emprego da nanociência na indústria do petróleo, segundo o professor da USP, surgiu em 2008 a partir de uma demanda da Sociedade de Engenheiros do Petróleo (SPE, na sigla em inglês) e se insere em um campo interdisciplinar mais amplo, a nanogeociência. Ela estuda os fenômenos que ocorrem em nanoescala em materiais geológicos e tenta entender os efeitos de sistemas nanoestruturados ou nanoconfinados em escalas maiores. Segundo o pesquisador, em 2008 as nanopartículas de sílica já eram usadas comercialmente em outras áreas, como biomedicina e catálise, na síntese de novos materiais. “A questão era saber como essas nanoestruturas se comportariam nas condições extremas dos reservatórios, onde a temperatura atinge 400°C e a pressão ultrapassa 200 atmosferas (atm). Precisávamos saber se seriam capazes de modificar a interação entre o óleo, a rocha e a salmoura”, explica. “Nossos estudos indicaram que as nanopartículas de sílica poderiam ser potencialmente utilizadas para extração do óleo.”

O trabalho também teve como desafio tornar funcionais as nanopartículas de sílica com um surfactante, a fim de potencializar sua ação. “A partir de simulações moleculares, tentamos descobrir qual seria o melhor produto a ser adicionado na nanoestrutura, já que existem muitos no mercado.

## Simulações são mais baratas e têm menos riscos que os experimentos em laboratório

A nanopartícula de sílica, em si, altera a interface entre o óleo, a rocha e a salmoura, mas com o acréscimo de um surfactante essa ação fica mais eficaz”, diz Miranda. “Queremos entender por que ele altera a molhabilidade do óleo.” Molhabilidade é a capacidade de um líquido em manter contato com uma superfície sólida quando os dois são colocados juntos. “Recorremos à simulação em computador por causa do custo-benefício. Fazer os ensaios dos surfactantes nos reservatórios seria custoso e demorado demais.” No caso de funcionar com as nanopartículas de sílica, a quantidade e o custo do surfactante serão bem menores em relação ao volume utilizado sozinho.

Outra vertente da pesquisa é estudar nanoestruturas que possam ser empregadas para “iluminar” os campos de petróleo, extraindo mais informações dos reservatórios, como, por exemplo, detalhes sobre a porosidade das rochas, os fluidos presentes nelas, a composição química e as condições de temperatura e pressão do ambiente. Essas informações são essenciais para as tomadas de decisão da equipe de engenharia de produção. O uso de nanopartículas, segundo Miranda, poderia aprimorar a resposta da ressonância magnética feita durante a perfuração – a técnica é empregada para mapeamento dos depósitos. Para isso, nanopartículas seriam injetadas no poço junto com a água, servindo como agentes de contraste. “De uma maneira geral, nossos estudos buscam uma melhor compreensão, em escala molecular, dos mecanismos e fenômenos

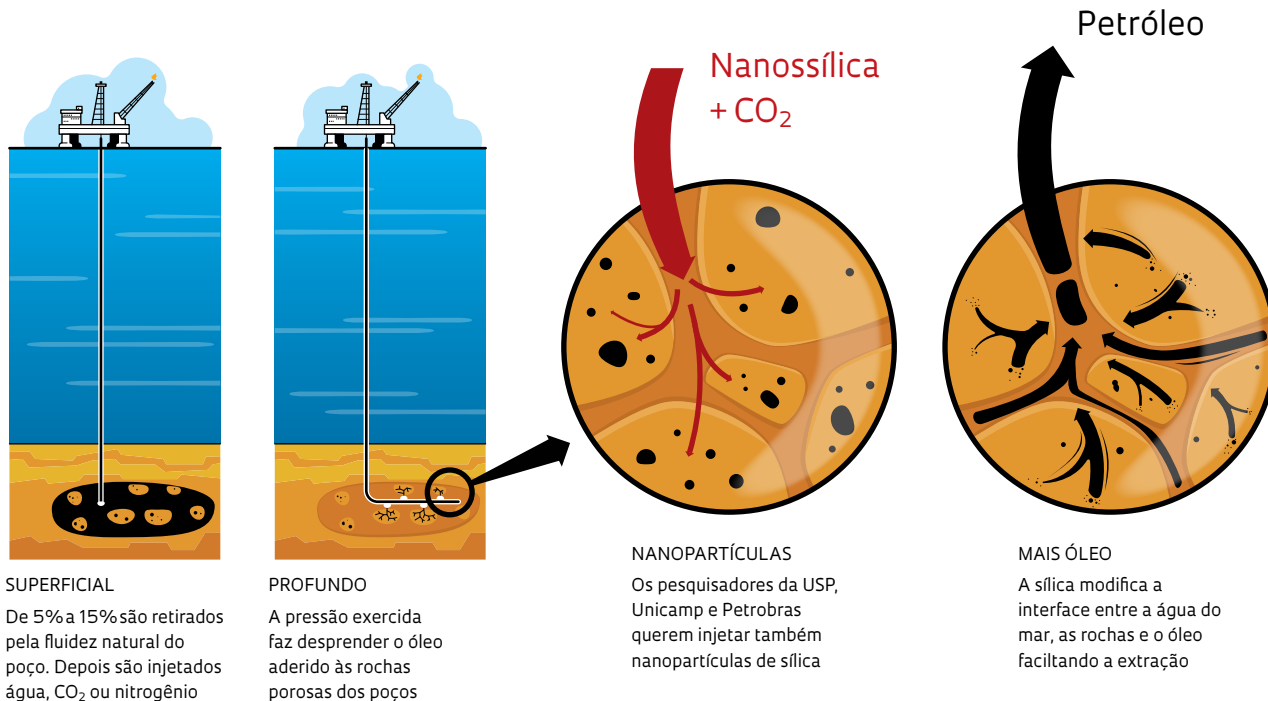
que ocorrem em poços de petróleo. Queremos ter uma visão atomística do processo e verificar as consequências em escalas maiores”, afirma.

### CÓDIGOS COMPUTACIONAIS

Três teses de doutorado, quatro dissertações de mestrado e mais de uma dezena de artigos foram produzidos nos últimos oito anos no âmbito das pesquisas de Caetano Miranda. Seu trabalho tem vinculação com um projeto de quatro anos financiado pela FAPESP e coordenado pelo físico Alex Antonelli, do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). “Nosso projeto tem como finalidade estudar uma variedade de propriedades da matéria condensada por meio da modelagem computacional. Caetano utiliza as mesmas ferramentas que empregamos e, por isso, podemos compartilhar tanto os computadores quanto os códigos computacionais”, afirma Antonelli. “Em princípio, podemos compreender no computador, que funciona como um laboratório virtual, os processos

# Extração gota a gota

Os poços de petróleo não são bolsas bem definidas com óleo dentro. Depois de extraído o óleo superficial é preciso retirar aquele que fica preso às rochas



já conhecidos e possivelmente melhorá-los de uma forma mais barata, sem ter que testar uma nova ideia na prática.”

## APOIO DAS PETROLÍFERAS

Além da FAPESP, Miranda também recebe financiamento da Petrobras. Suas pesquisas se inserem no programa de Redes Temáticas da estatal, instituído em 2006 e executado em parceria com pesquisadores de universidades e instituições nacionais de pesquisa. “O trabalho do professor Caetano faz parte da Rede Temática Recuperação Avançada de Petróleo”, afirma a engenheira de petróleo Lua Selene Almeida, do Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes). “É um estudo muito avançado e de fronteira. Ele está nos ajudando a modelar fenômenos físicos que ocorrem nos poços de petróleo numa escala bem distinta daquela que estudamos em nossos laboratórios”, diz a pesquisadora.

Outra fonte de financiamento dos estudos vem do *Advanced Energy Consortium* (AEC), consórcio internacional de empresas do setor de petróleo, entre elas a anglo-holandesa Shell, a inglesa British Petroleum (BP), a norueguesa Statoil, a espanhola Repsol, a francesa Total e a Petrobras, voltado ao financiamento de nanociência aplicada à indústria do petróleo. O projeto apoiado pela AEC contou com a participação de pesquisadores da Universidade de Austin, no Texas, um impor-

tante centro de estudos no setor de óleo e gás. “Enquanto nosso grupo fazia as simulações em computador, eles se encarregavam da parte experimental”, diz Miranda, destacando que testes laboratoriais e ensaios experimentais, etapas que precedem aos experimentos com as nanopartículas de sílica nos campos de petróleo, também serão realizados em breve no IF-USP.

“As simulações computacionais são muito mais baratas e apresentam menos riscos do que os experimentos de laboratório”, diz a química Flávia Cassiola, pesquisadora brasileira da Shell Internacional, Produção e Exploração, em Houston, nos Estados Unidos. “A indústria do petróleo tem todo o interesse que os métodos se aprimorem, proporcionando a inclusão de mais características dos reservatórios na simulação. A Shell possui vários grupos dedicados à simulação computacional em seus centros de tecnologia e inovação e o professor Caetano é a nossa referência no assunto. O trabalho dele tem nos auxiliado no desenvolvimento e aprimoramento de métodos avançados de recuperação de petróleo e gás natural”, diz Flávia. ■

## Projeto

Modelagem computacional da matéria condensada: Uma abordagem em múltiplas escalas (nº 2010/16970-0); Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Alex Antonelli (IFGW-Unicamp); Investimento R\$ 356.196,00 e US\$ 225.400,00.