

O Papel dos Diferentes Modelos de Negócios, Parcerias Empresariais e Tecnologias para o Aumento do FR dos Campos de Petróleo

Paulo Johann

Gerente Corporativo de Geofísica de Reservatórios

Claudio Ziglio

Gerente de Pesquisas na Área de Reservatórios (CENPES)



1. Introdução

2. Parcerias

- Companhias de Petróleo
- Companhias de Serviços
- Institutos de Pesquisas
- Universidades

3. Tecnologias

4. Discussão

Introdução: Apresentações Petrobras

Desafios e Oportunidades visando o aumento de FR em campos terrestres

Ana Paula Costa
UO-BA/ATP-H/RES
E&P/TAR

Desafios

- ✓ Campo de Sardinha (100 Km da GASCAC)
- ✓ Volume Original de Gás: 3457 Milhões m³ (3213 na Capa, 244 em Solução)
- ✓ Descontinuada em função dos investimentos e custos envolvidos e alta sensibilidade ambiental
- ✓ Campo de Jurua (Bacia do Solimões)
- ✓ Dista mais de 650km de Manaus e a 70km das instalações de Urucu.
- ✓ Campo de Azulão (Bacia do Amazonas)
- ✓ Totalmente isolado (Na floresta).
- ✓ Diversos cenários analisados:
- ✓ Implantação de planta de GTL (Gas to Liquid);
- ✓ Avaliação de diferentes rotas de escoamento;
- ✓ Associação a parceiros;
- ✓ Geração de Energia;
- ✓ GNL (Gás Natural Liquefeito)
- ✓ Gase to Ethanol;
- ✓ Produção de Metanol;
- ✓ GTL Parafinas.

PANORAMA DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO MELHORADA NO BRASIL E NO MUNDO

Adalberto José Rosa
Marcos Vitor Barbosa Machado
GIA-EGP/E&EE/ER

DESAFIOS E CONCLUSÕES

- Concluímos que as principais experiências de EOR da PETROBRAS estão relacionadas com a aplicação de métodos técnicos e mistos, fato também constatado quando se analisam experiências de outras operadoras no mundo;
- Dentre os principais desafios para implantação de métodos de EOR, pode-se citar:
 - disponibilidade de gás para viabilizar métodos miscíveis;
 - grande parte dos reservatórios tem boa resposta à injeção de água, não justificando investimentos para um incremento pequeno de produção advindo de EOR. Além disso, muitos poços dentro de reservatórios produzem, atualmente, com alto corte de água, o que atrasa o retorno de ganho adicional de óleo advindo de métodos de EOR;
 - grande espaçamento entre poços em centros offshore que gera grandes tempos de retorno da injeção de produtos químicos, além da necessidade de volumes maiores, o que prejudica a viabilidade econômica de projetos de EOR;
 - existência de reservatórios com baixa viabilidade para injeção de água (baixa permeabilidade/espessura, óleo extra viscoso etc), constituindo desafios ainda maiores, por exemplo, quanto à injetividade, para métodos de EOR, sobretudo quando se considera a existência de reservatórios com alta temperatura, salinidade e limites de pressão de injeção;
 - falta de experiência da indústria do petróleo na aplicação de métodos de EOR em ambiente offshore, sobretudo em lamina água profunda, indicando ser um desafio sua implantação. Mesmo em ambiente onshore, métodos de EOR, como os químicos e microbiológicos, ainda não são largamente aplicados no mundo;
- sistemas de produção implantados com limitação de espaço e capacidade de armazenamento de fluidos e de carga para instalação de equipamentos adicionais necessários para EOR, sendo necessárias muitas obras para adequações dos sistemas de campo, além de questões não solucionadas relacionadas à compatibilidade entre produtos de EOR produzidos e os utilizados no processamento;
- utilização de água do mar, captada para injeção em ambiente offshore, reduz muito a eficiência dos produtos químicos utilizados em projetos de EOR;
- por fim, nos casos onde há viabilidade técnica para implementação de EOR, a principal barreira é a falta de atratividade econômica, devido aos altos custos envolvidos, tanto devido às instalações e equipamentos necessários para os produtos e sua logística de fornecimento.

I Seminário sobre Aumento do Fator de Recuperação no Brasil

Aumento do FR em Campos Offshore:
Variáveis de Impacto e Estudos de Caso

Gilson Ferreira Soares e
Celso de Almeida Magalhães

Conclusões
Aumento do Fator de Recuperação

- Aquisição de dados de reservatório para construção de modelos de reservatório robustos
- Integração e análise de dados para definição de novos projetos
- Busca de tecnologias de recuperação avançada (polímeros, água projetada, etc)
- Concepção de projeto flexível para implementação de novas tecnologias no futuro
- Ações para extensão da vida útil da UEP e dos equipamentos

I Seminário sobre Aumento do Fator de Recuperação no Brasil

DESAFIOS E LIÇÕES APRENDIDAS PARA O AUMENTO DE FATORES DE RECUPERAÇÃO NA BACIA DE CAMPOS ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE DISCIPLINAS

Carlos Frederico Cardoso Bastos (UO-BC/PRDC/PRDC-MRL-AB) - Apresentador
Anderson Raposo dos Santos (POÇOS/CAMAP-AR-AP/PROJ)
Marcello Augustus Ramos Roberto (SUB/ES/EECE/ECE)

CASO DE SUCESSO
Campo de Marlim (Bacia de Campos)

- 1985: Descoberta do campo
- 1991: Início de produção (Sistema Pré-Piloto)
- 1994 a 2000: Desenvolvimento Módulos 1, 2, 3 e 4
- 2002: Pico de produção do campo (613 mil bpd)
- 2016: Entrada de operação do MRL-227 (março)
- Situação Atual: 07 plataformas de produção e 02 plataformas de processamento. Produção média de 187 mil bpd (2015)

Lições Aprendidas e Conclusões

- Evolução na concepção de construção de poços/estratégia de completação
- Investimento para obtenção de dados: 4 sísmicas 4D nos últimos anos
- Gerenciamento da drenagem e varrido com injeção de água
- Sucesso nos projetos complementares de adensamento e poços de borda

O Papel dos Diferentes Modelos de Negócios, Parcerias Empresariais e Tecnologias para o Aumento do FR dos Campos de Petróleo

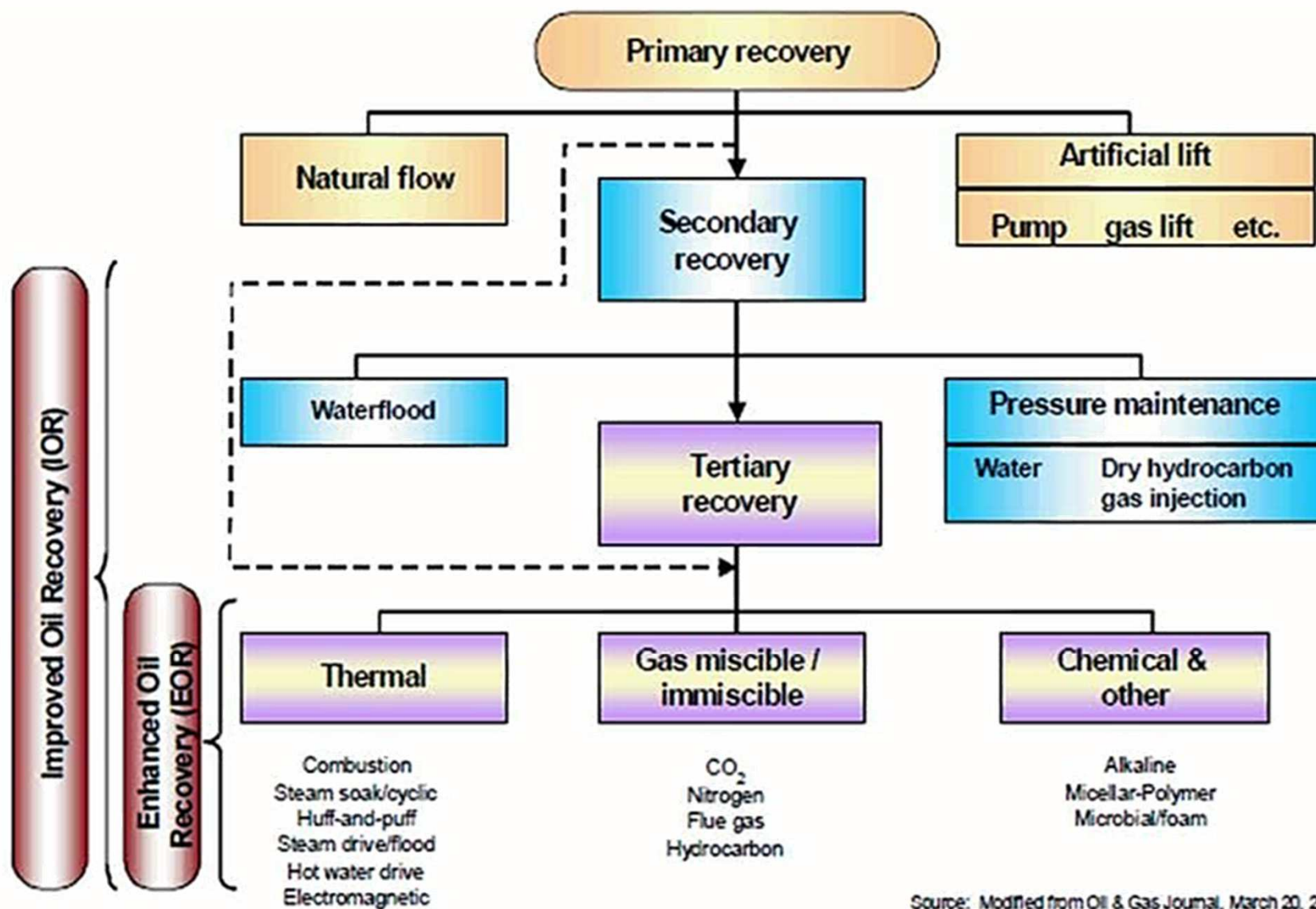
Paulo Johann
Gerente Corporativo de Geofísica de Reservatórios

Claudio Ziglio
Gerente de Pesquisas na Área de Reservatórios (CENPES)

Conclusão

A IMPORTÂNCIA DAS PARCERIAS E TECNOLOGIAS

Métodos: Improve (IOR) e Enhanced (EOR) Oil Recovery



Source: Modified from Oil & Gas Journal, March 20, 2000

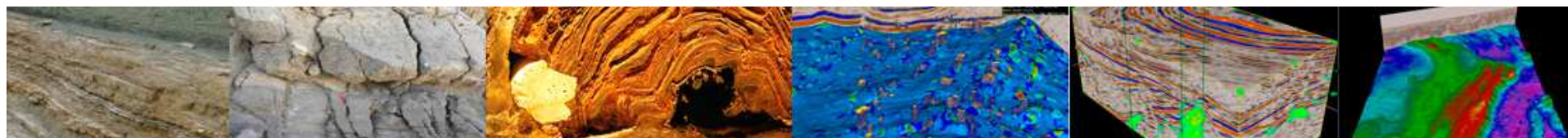
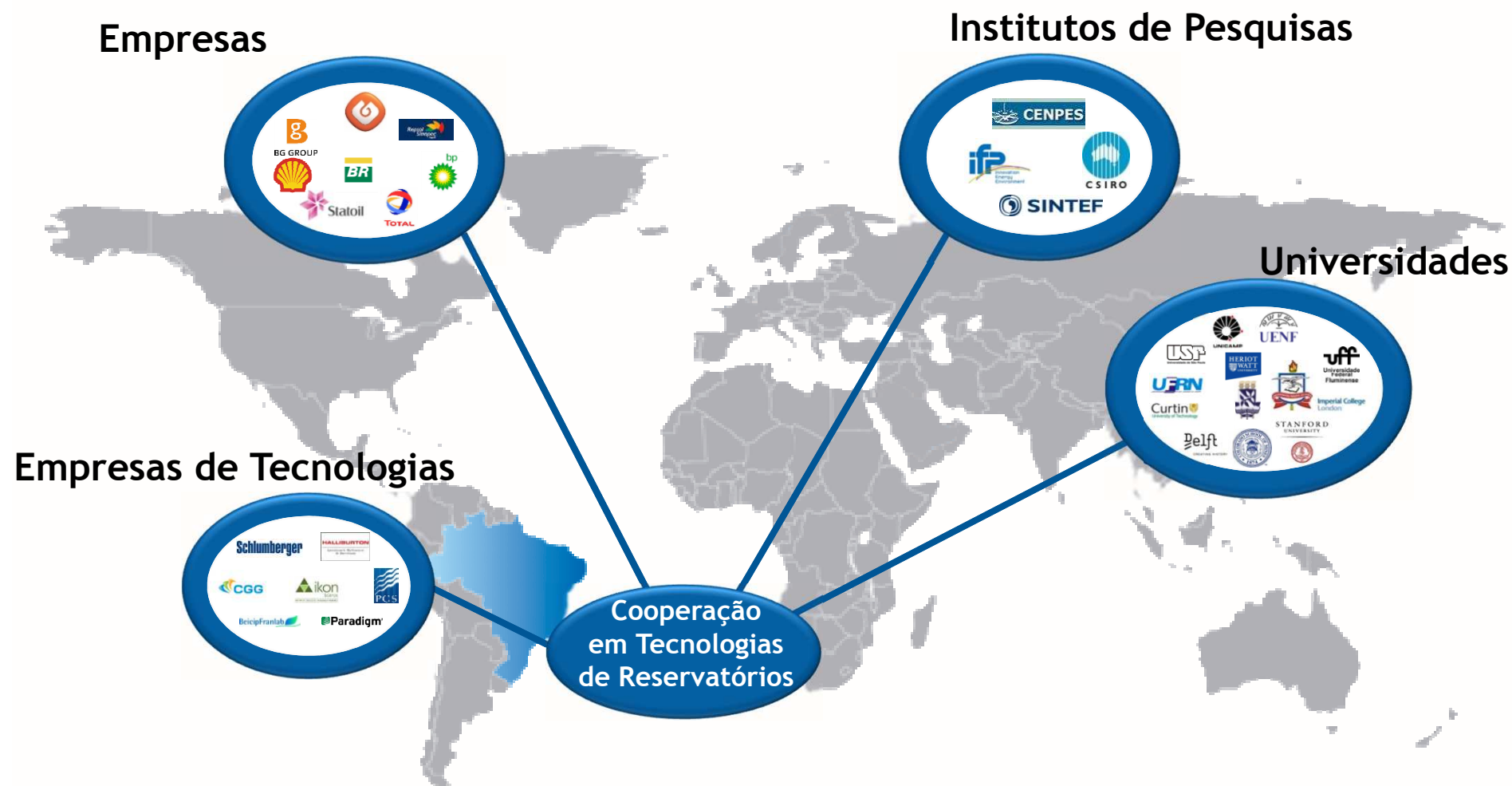
Stosur, 2003 SPE 84864

Quantas empresas produziram O&G no Brasil em 2015?

49 empresas



Rede de Cooperação Tecnológica



1. Introdução

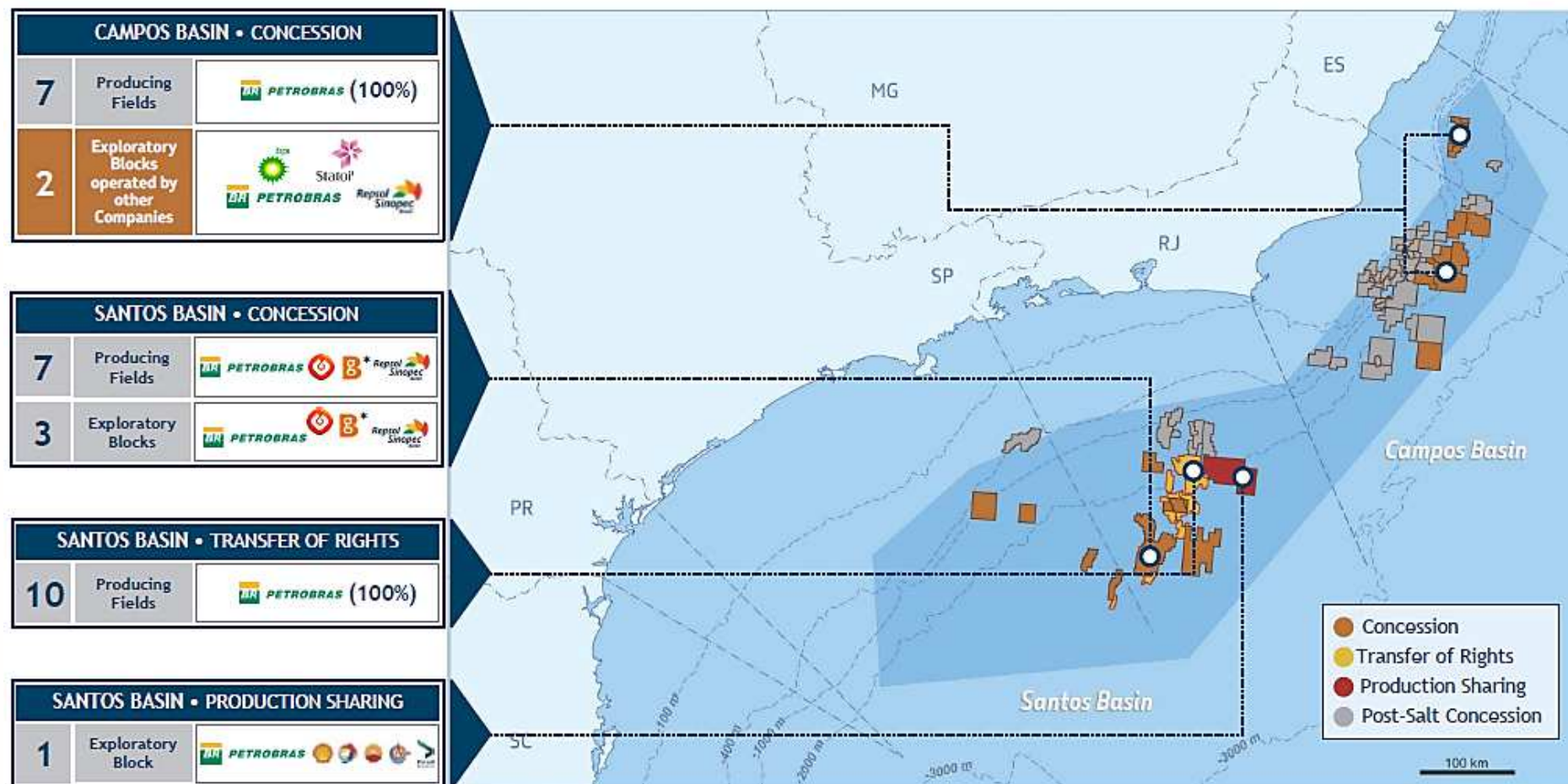
2. Parcerias

- **Companhias de Petróleo**
- Companhias de Serviços
- Institutos de Pesquisas
- Universidades

3. Tecnologia

4. Discussão

Bacias de Campos e Santos: diversas parcerias

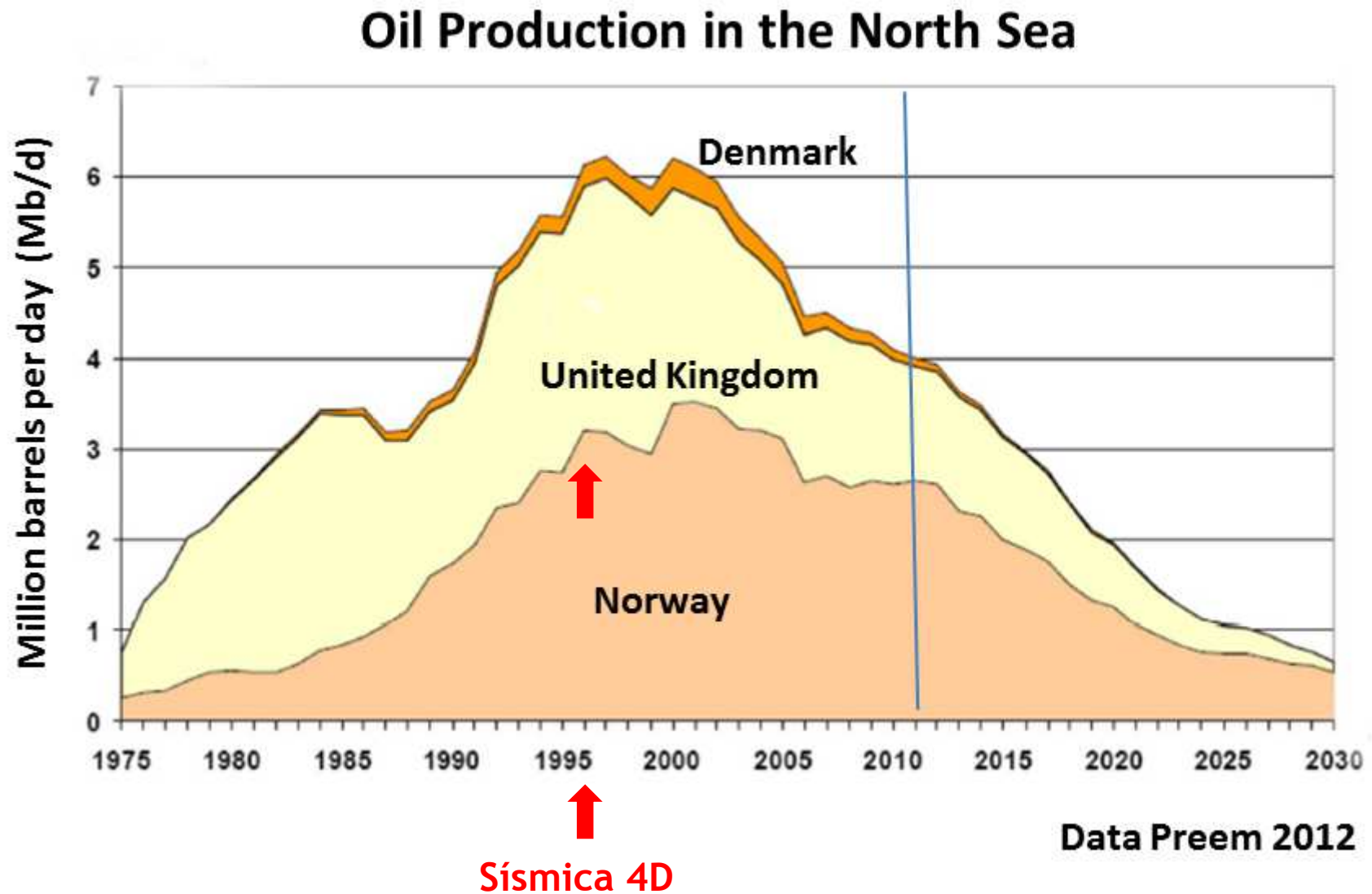


* BG E&P Brasil Ltda – a subsidiary of Royal Dutch Shell plc

Guedes, S., Rio Oil&Gas, 2016

Exemplos de Parcerias Tecnológicas







PRM Jubarte



PRM Jubarte - Sistema Ótico

Tecnologia: Prêmio ANP de Inovação Tecnológica

— Vencedor Categoria III - Inovação Tecnológica desenvolvida no Brasil por Empresa Fornecedora de Grande Porte do Segmento de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis em Colaboração com Empresa Petrolífera

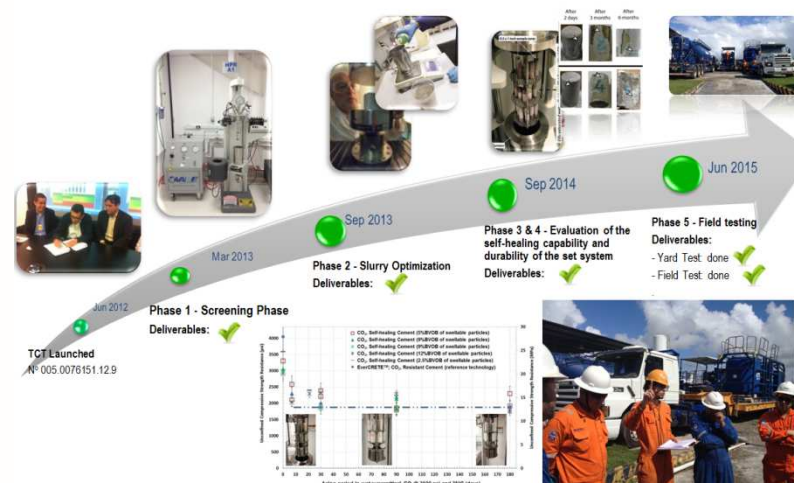
Projeto: Cimento Autorreparável com CO₂.

Autoria do projeto: Schlumberger Serviços de Petróleo Ltda. e à Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras

Descrição do projeto: O projeto consiste na formulação de pasta de cimento para operações de cimentação, tampão e squeeze de poços de petróleo, que oferece mais segurança em ambiente de CO₂. O aumento da garantia da integridade do poço na presença de CO₂ – presente no reservatório ou injetado no poço para recuperação secundária – ocorre pelo fechamento de fissuras e/ou microanulares no cimento solidificado pelo contato com CO₂, que acionaria o efeito de autorreparação no próprio cimento. A existência de espaços microanulares e fissuras na matriz do cimento no poço de petróleo cria percursos preferenciais para que o CO₂ migre, podendo afetar a integridade do poço. A presença de um componente no material cimentante que se expanda com o fluido contendo CO₂ permite restabelecer a integridade da matriz de cimento e consequentemente dos poços. A tecnologia pode ser aplicada para cimentar poços em reservatórios que naturalmente contenham CO₂ associado aos fluidos de formação, como é o caso dos poços do pré-sal no Brasil, ou em poços em que CO₂ é injetado, armazenado ou extraído.

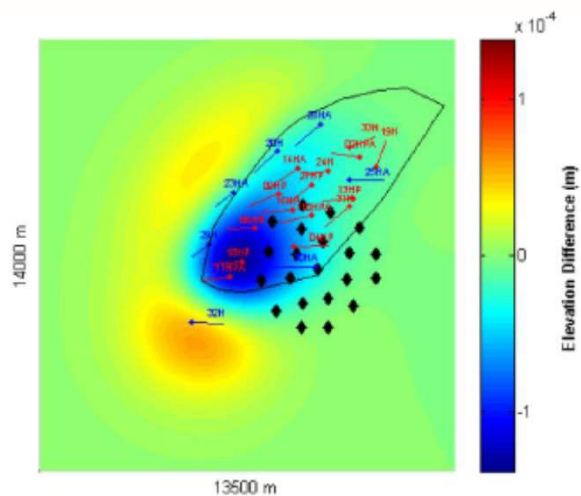
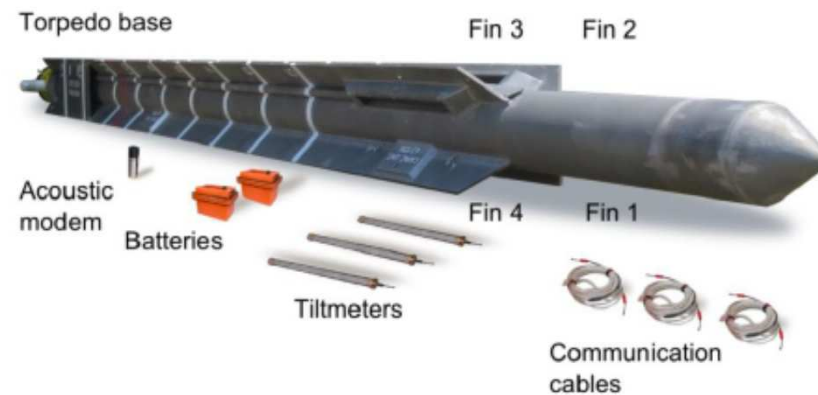
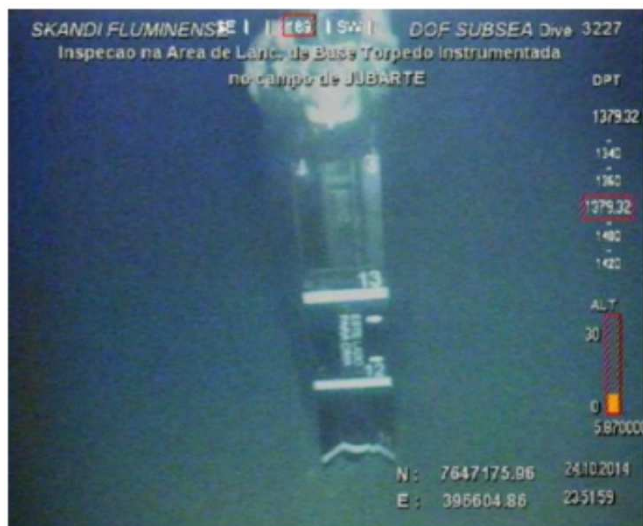


Vencedores da Categoria III recebem o Prêmio ANP de Inovação Tecnológica 2016



Prêmio ANP de Inovação Tecnológica

Tecnologia de Tiltímetros para Campos Marítimos



Exemplo de Projeto



1. Introdução

2. Parcerias

- Companhias de Petróleo
- Companhias de Serviços
- **Institutos de Pesquisas**
- Universidades

3. Tecnologias

4. Discussão

Exemplos de Parcerias com Institutos de Pesquisa e Universidades



1. Introdução

2. Parcerias

- Companhias de Petróleo
- Companhias de Serviços
- Institutos de Pesquisas
- **Universidades**

3. Tecnologias

4. Discussão



- Mais de 100 universidades e institutos de pesquisa
- 49 Redes Temáticas
- Mais de 200 laboratórios construídos desde 2009
- Mais de 8 mil alunos e pesquisadores externos envolvidos em projetos da Petrobras

CENPES e as Redes Temáticas C&T - Reservatórios

- 15 Universidades e Centros de Pesquisas
- 3 Redes Temáticas
- Mais de 50 Termos de Cooperação em Andamento



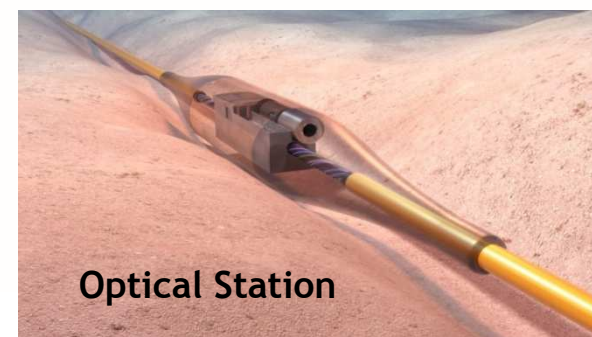
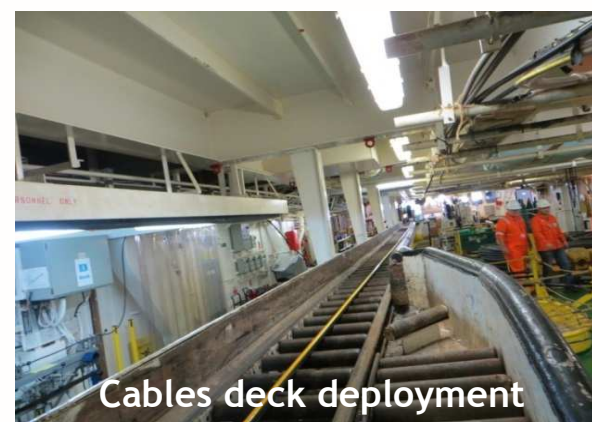
A Importância do Desenvolvimento da Cadeia de Fornecedores, Bens e Serviços



- Redução de Custos de Importação
- Fomentar a Geração de Competências no País
- Geração de Empregos

Exemplo: Monitoramento Permanente em Jubarte

Mais de 30 Fornecedores de Equipamentos



Mais de 30 Fornecedores de Equipamentos



1. Introdução

2. Parcerias

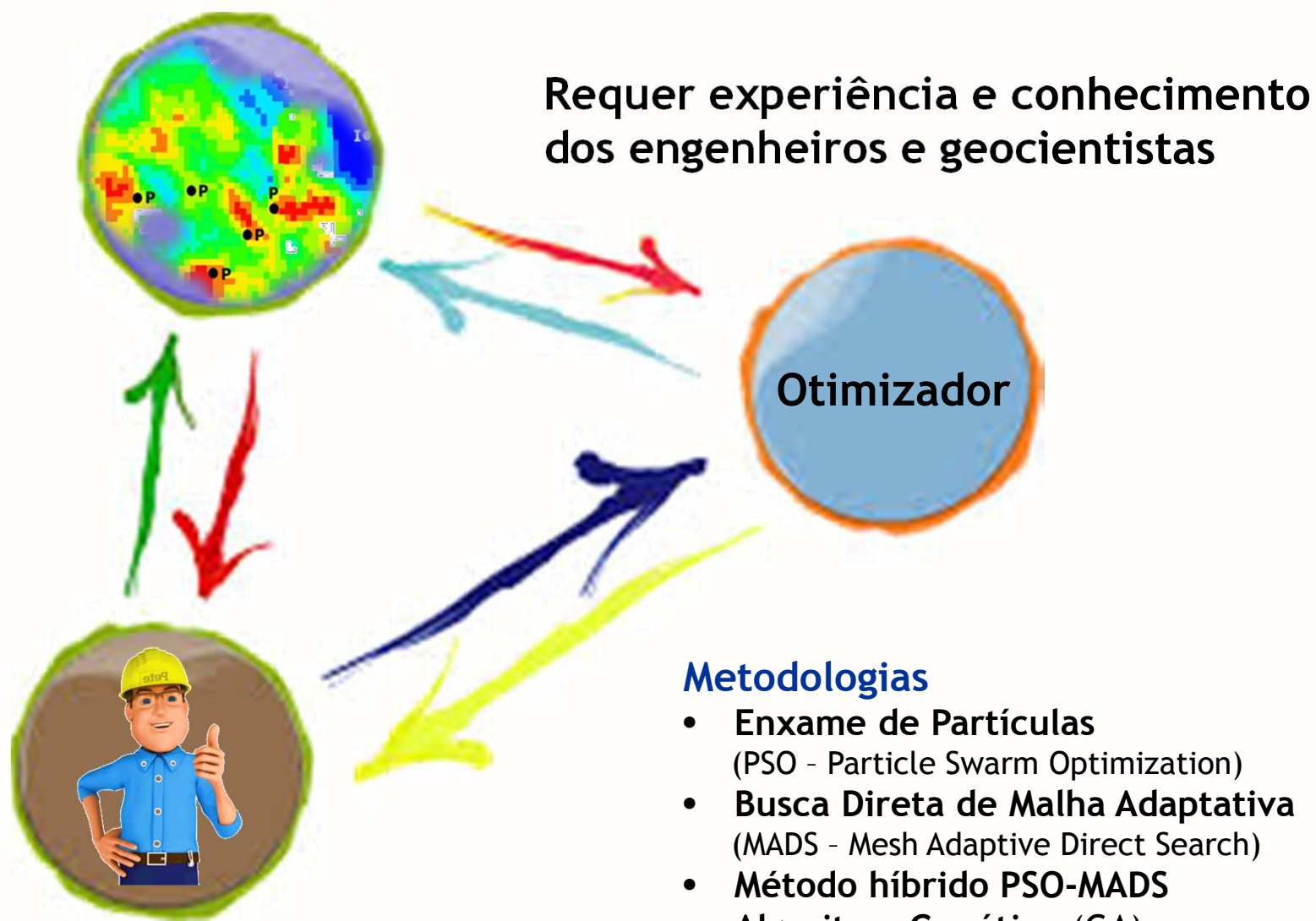
- Companhias de Petróleo
- Companhias de Serviços
- Institutos de Pesquisas
- Universidades

3. Tecnologias

4. Discussão

- ✓ Otimização da Malha de Drenagem
- ✓ Otimização do Gerenciamento da Produção
- ✓ Métodos de EOR
 - WAG
 - Injeção de Água com Salinidade Ajustada
 - Polímeros
 - Nanotecnologia

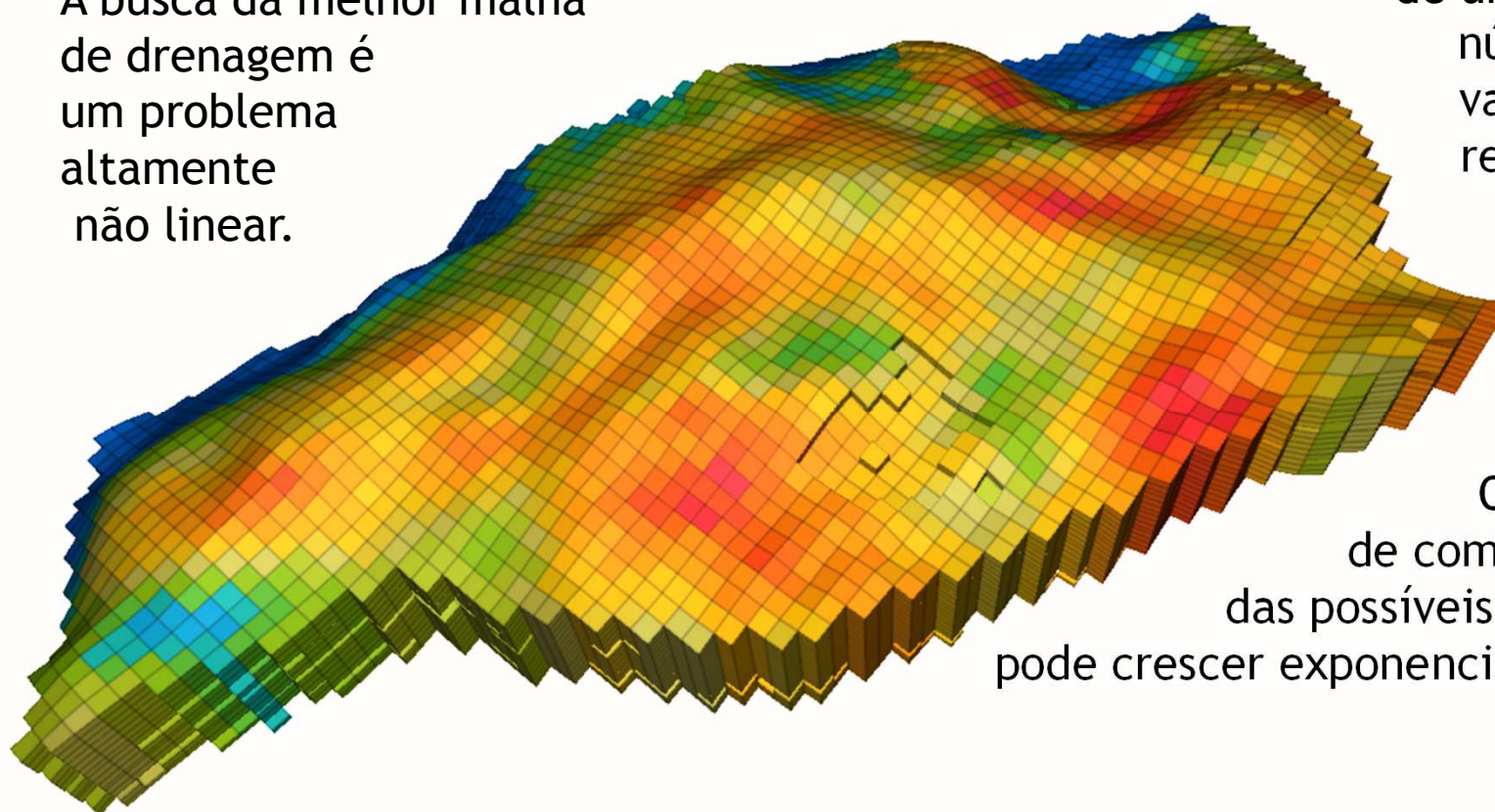
- ✓ **Otimização da Malha de Drenagem**
- ✓ Otimização do Gerenciamento da Produção
- ✓ Métodos de EOR
 - WAG
 - Injeção de Água com Salinidade Ajustada
 - Polímeros
 - Nanotecnologia



Otimização da Malha de Drenagem

A busca da melhor malha de drenagem é um problema altamente não linear.

Depende de um grande número de variáveis e restrições.



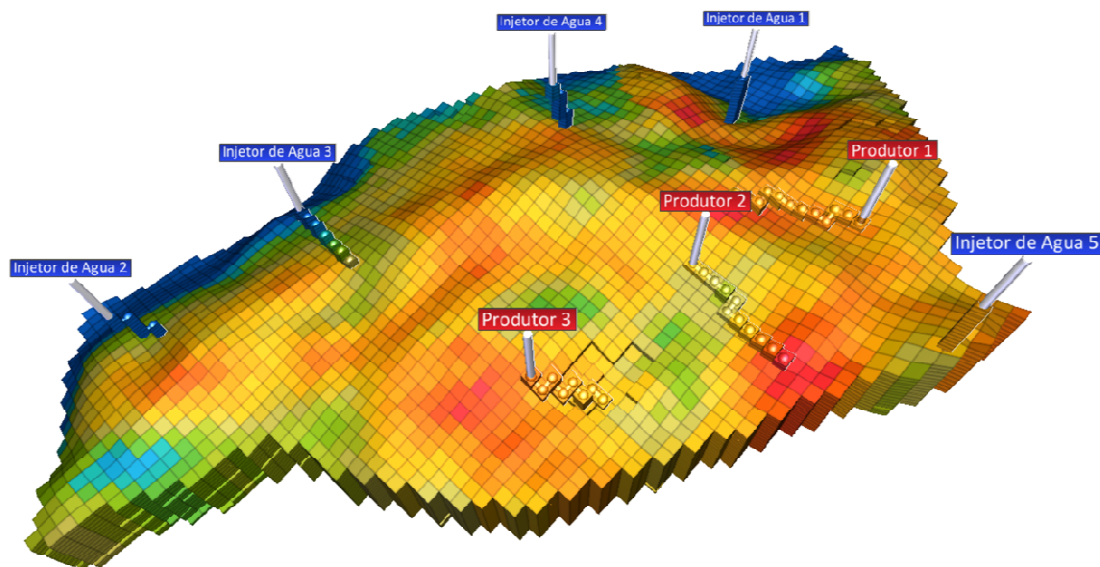
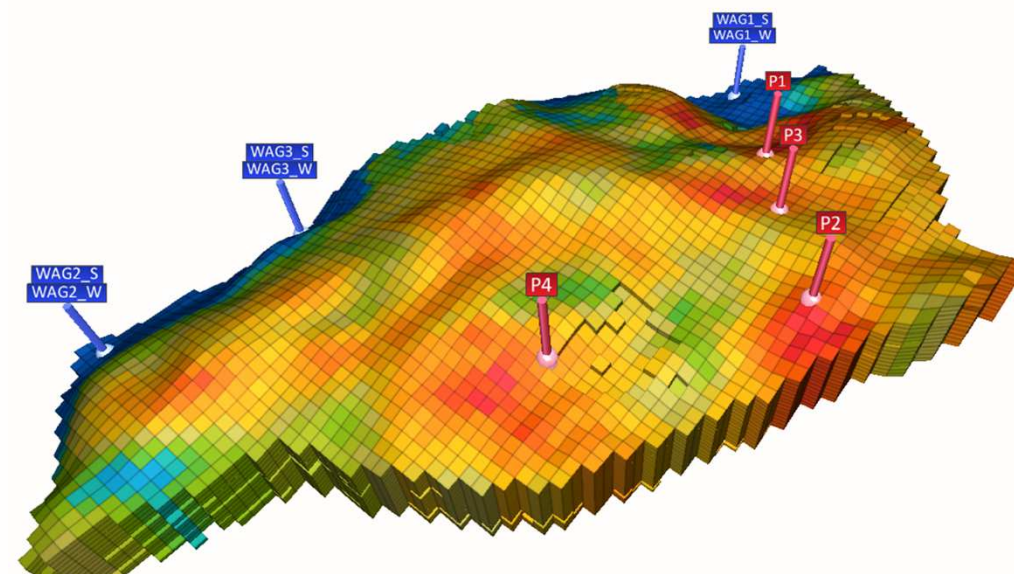
O número de combinações das possíveis soluções pode crescer exponencialmente.

Problema de difícil solução.

Otimização da Malha de Drenagem

Estratégias de produção

- ✓ Depleção primária
- ✓ Injeção de água
- ✓ Injeção de gás
- ✓ WAG HC CO2

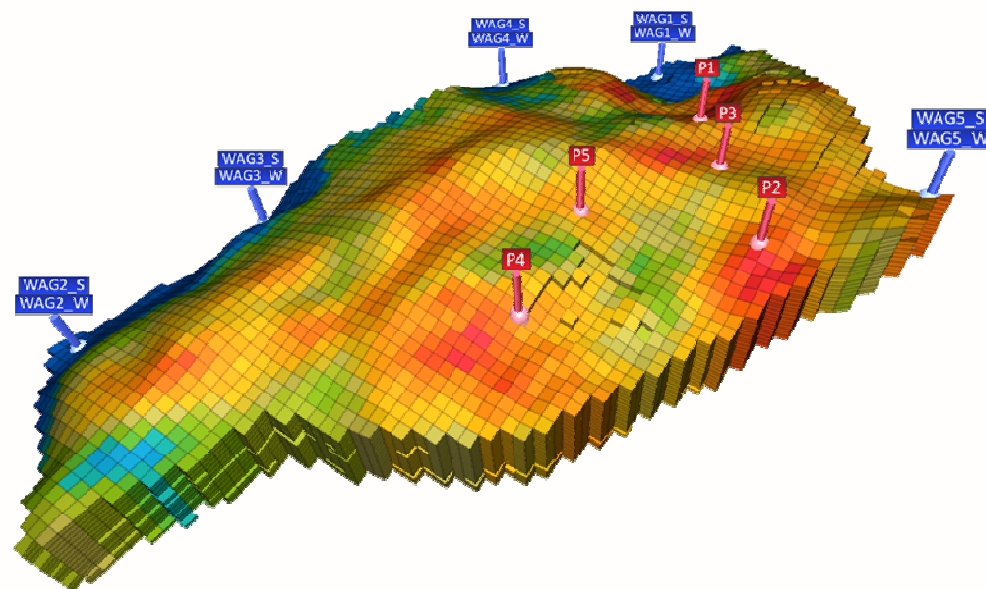


Tipos de poços

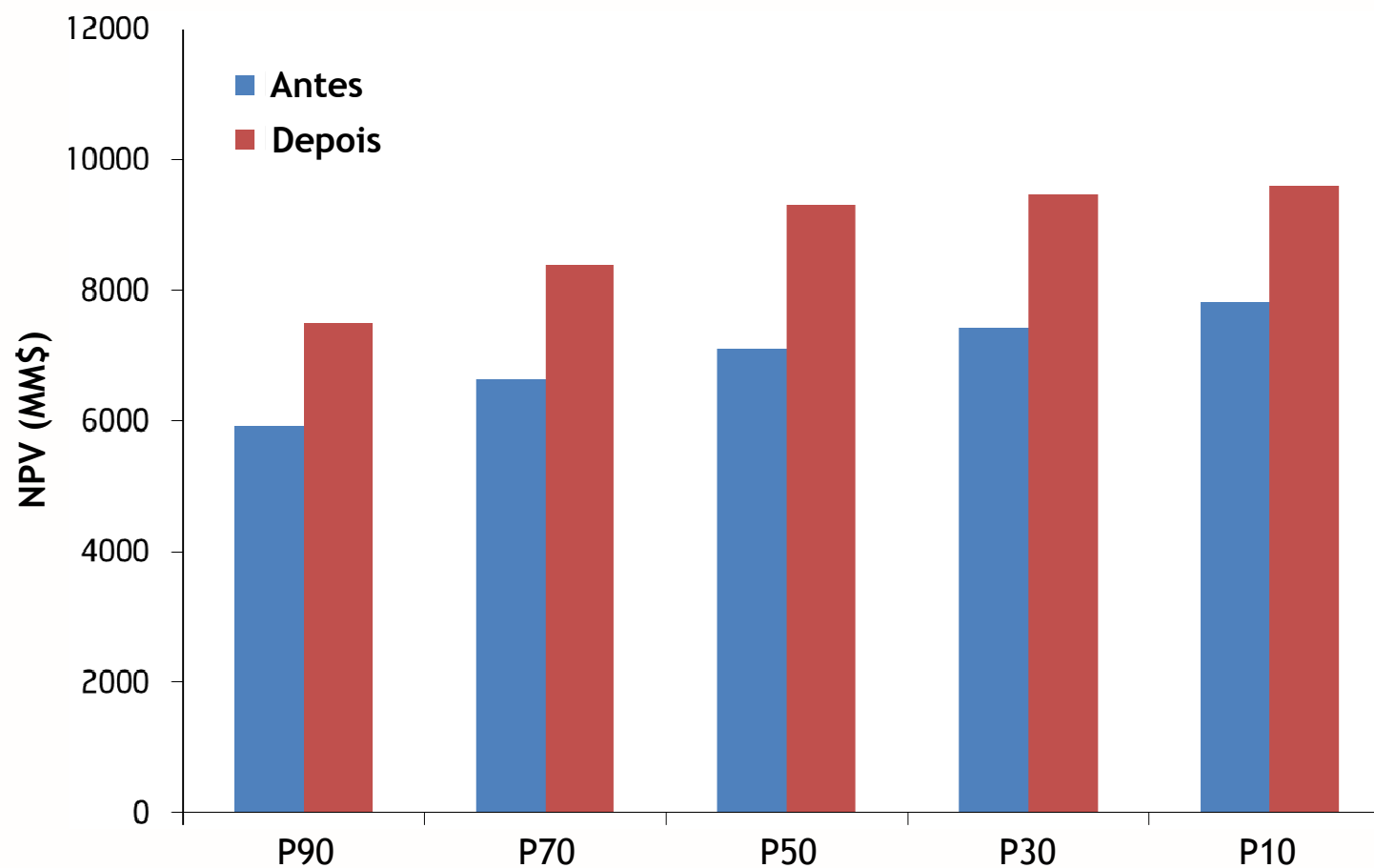
- ✓ Quantidade
- ✓ Trajetória
- ✓ Comprimento do trecho completado

Otimização da Malha de Drenagem

Otimização da produção de hidrocarbonetos considerando as características do reservatório e características operacionais



5 Realizações (5-Spot)



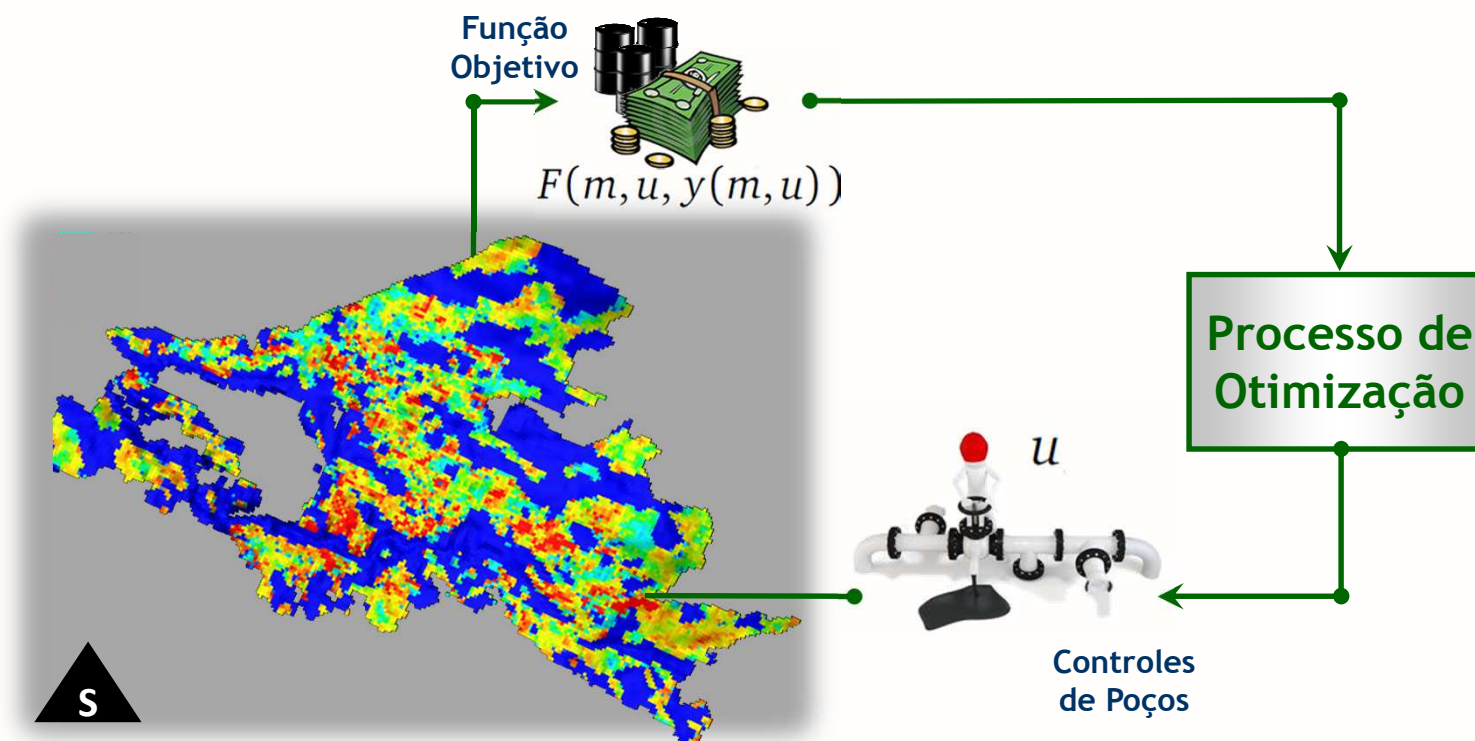
Tecnologias para o Aumento do Fator de Recuperação



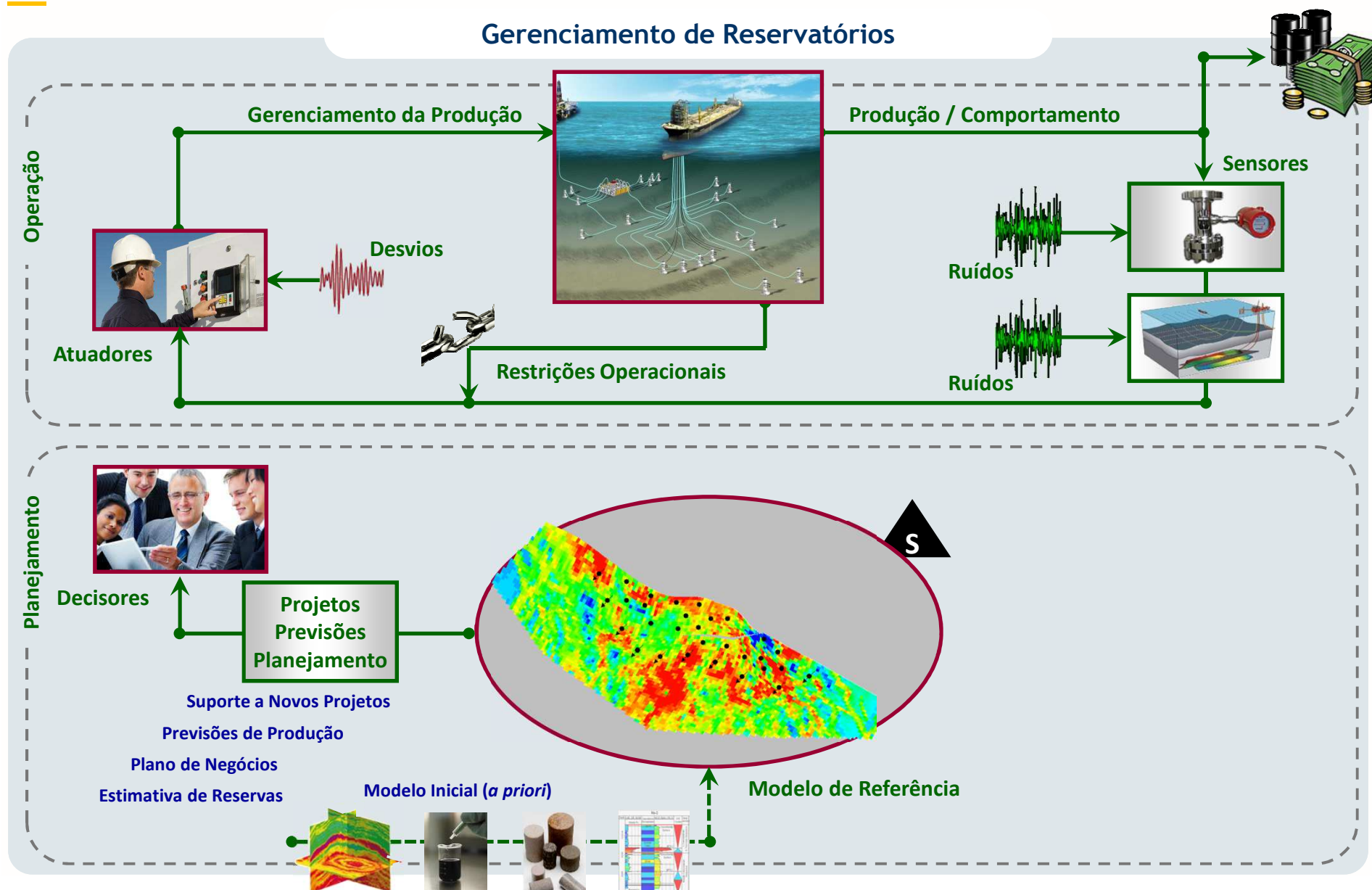
- ✓ Otimização da Malha de Drenagem
- ✓ **Otimização do Gerenciamento da Produção**
- ✓ Métodos de EOR
 - WAG
 - Injeção de Água com Salinidade Ajustada
 - Polímeros
 - Nanotecnologia

Otimização do Gerenciamento da Produção

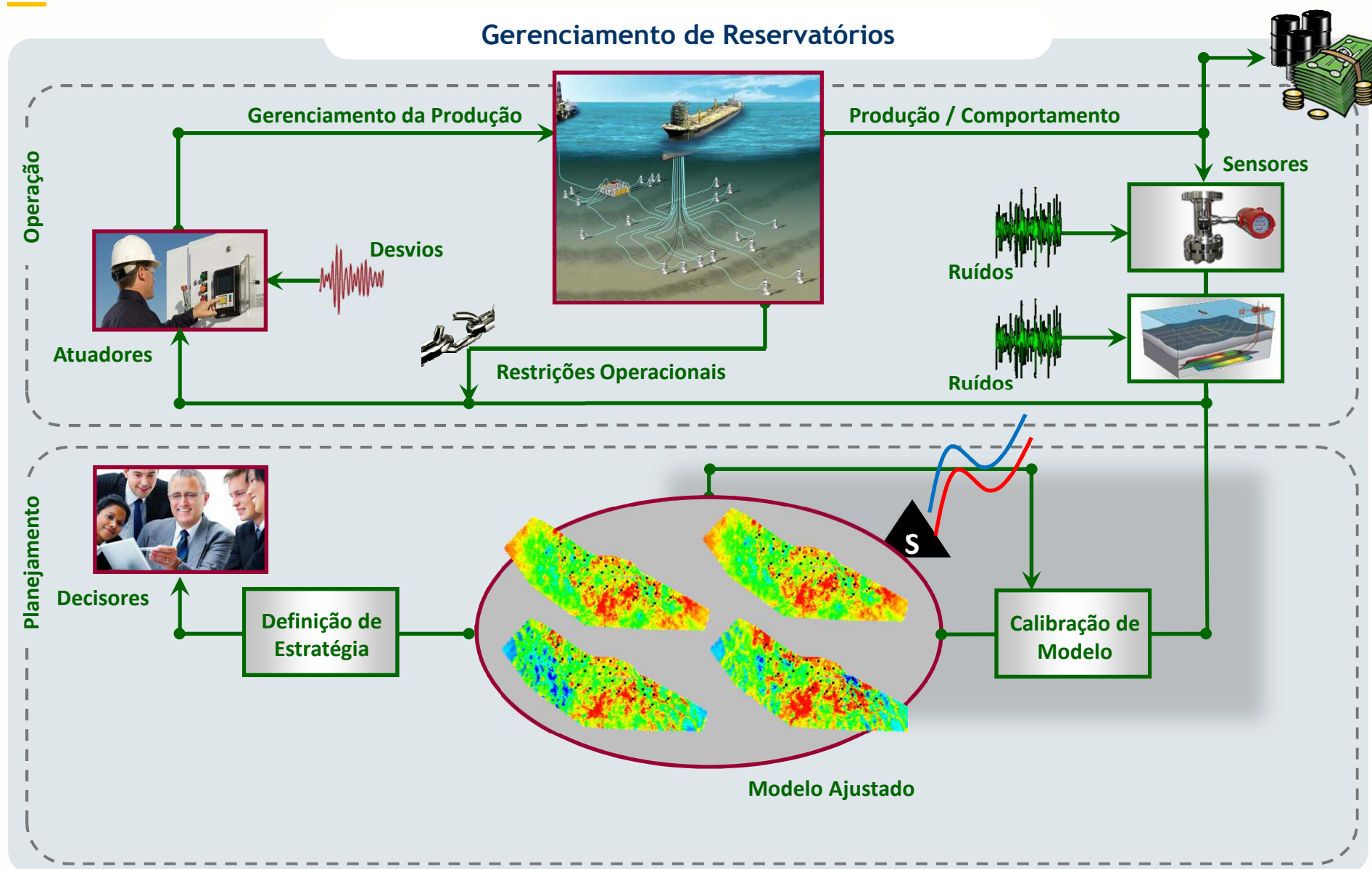
Sistema para gerenciamento ótimo de reservatórios, considerando o controle de poços (e válvulas) produtores e injetores ao longo da vida do campo.



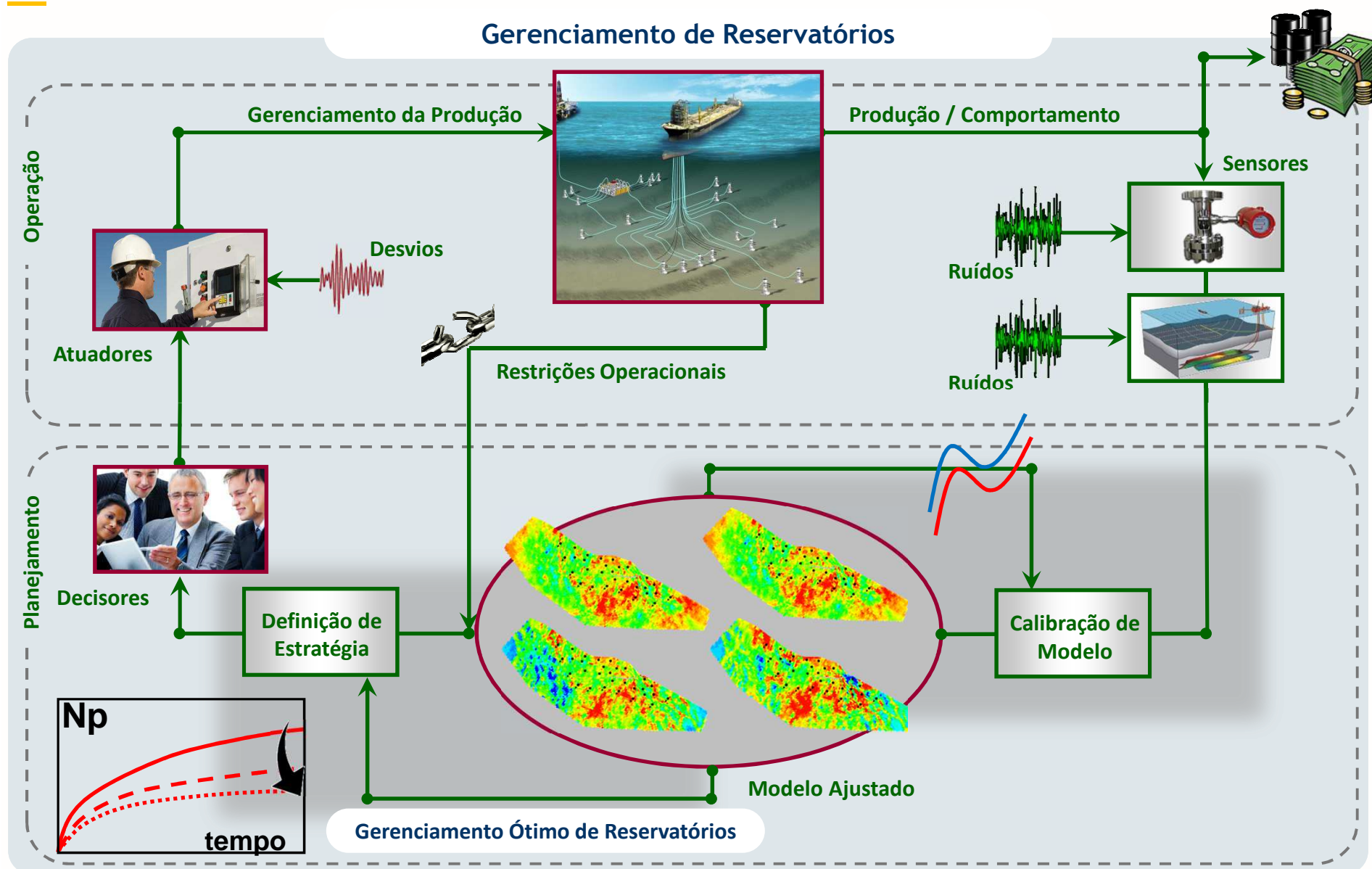
Otimização do Gerenciamento da Produção



Otimização do Gerenciamento da Produção



Otimização do Gerenciamento da Produção

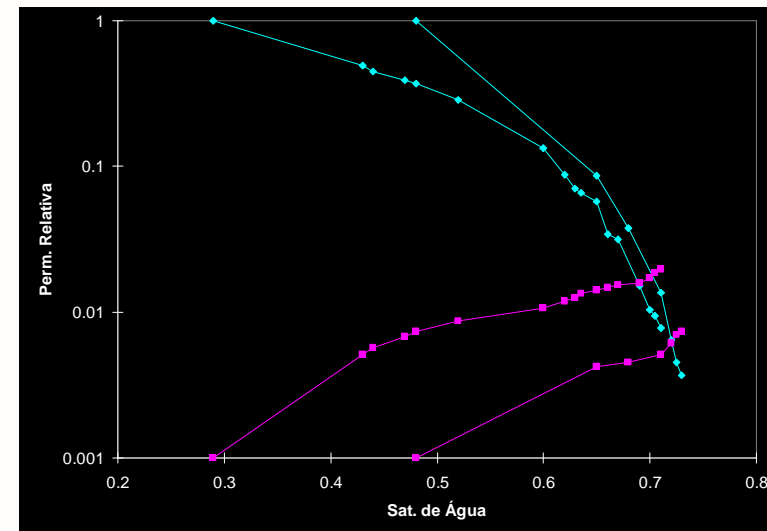
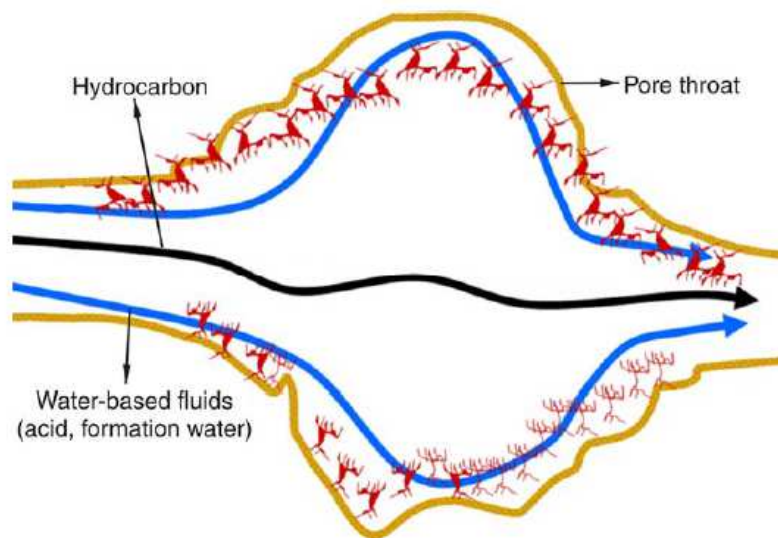


Tecnologias para o Aumento do Fator de Recuperação



- ✓ Otimização da Malha de Drenagem
- ✓ Otimização do Gerenciamento da Produção
- ✓ **Métodos de EOR**
 - Polímeros
 - Injeção de Água com Salinidade Otimizada
 - WAG
 - Nanotecnologia

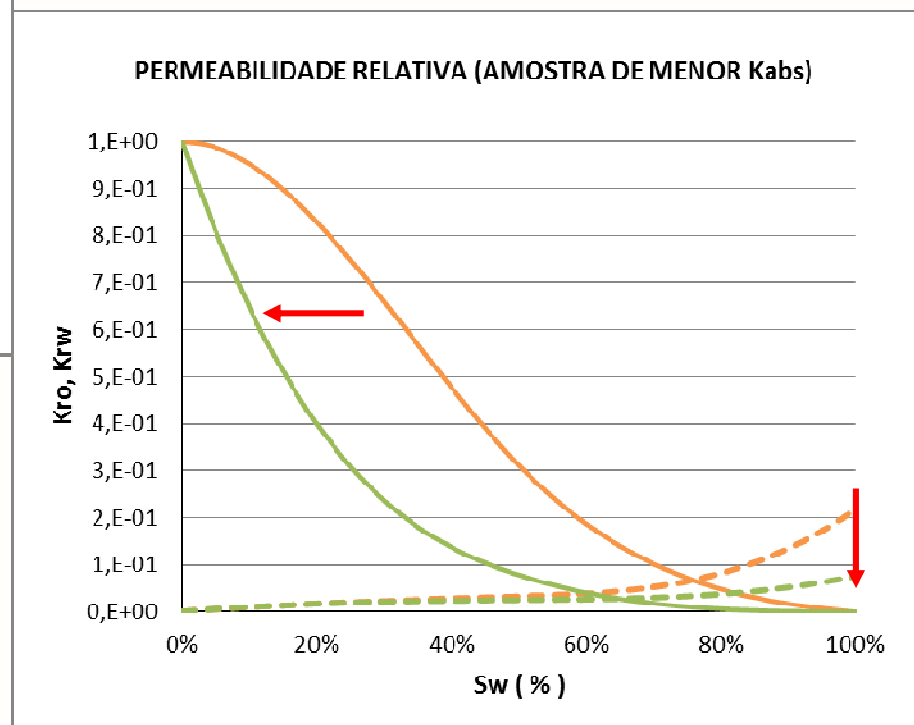
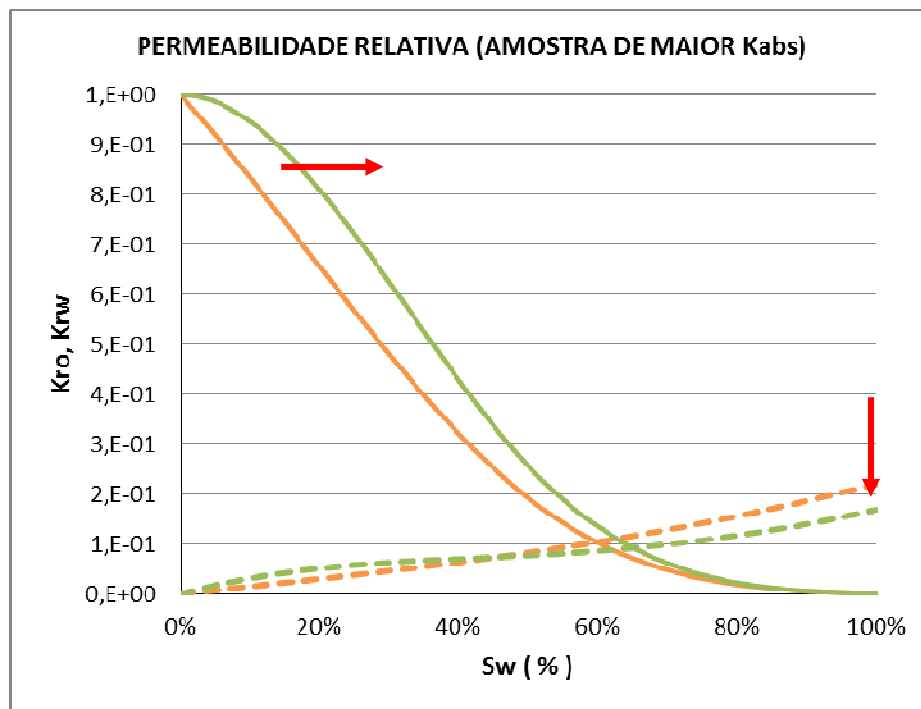
- Utilização de **polímeros modificadores de permeabilidade relativa (RPM)** que adsorvem na rocha e tem características hidrofílicas (expandem na presença de água), **reduzindo a permeabilidade à água** e afetando pouco a permeabilidade aos hidrocarbonetos.
- Resultados esperados - Redução do BSW, redução da razão água-óleo e possível ganho de óleo (plataformas topadas).



Água Otimizada

- Teste de embebição espontânea
- Teste de superfície
- Teste de deslocamento em meio poroso

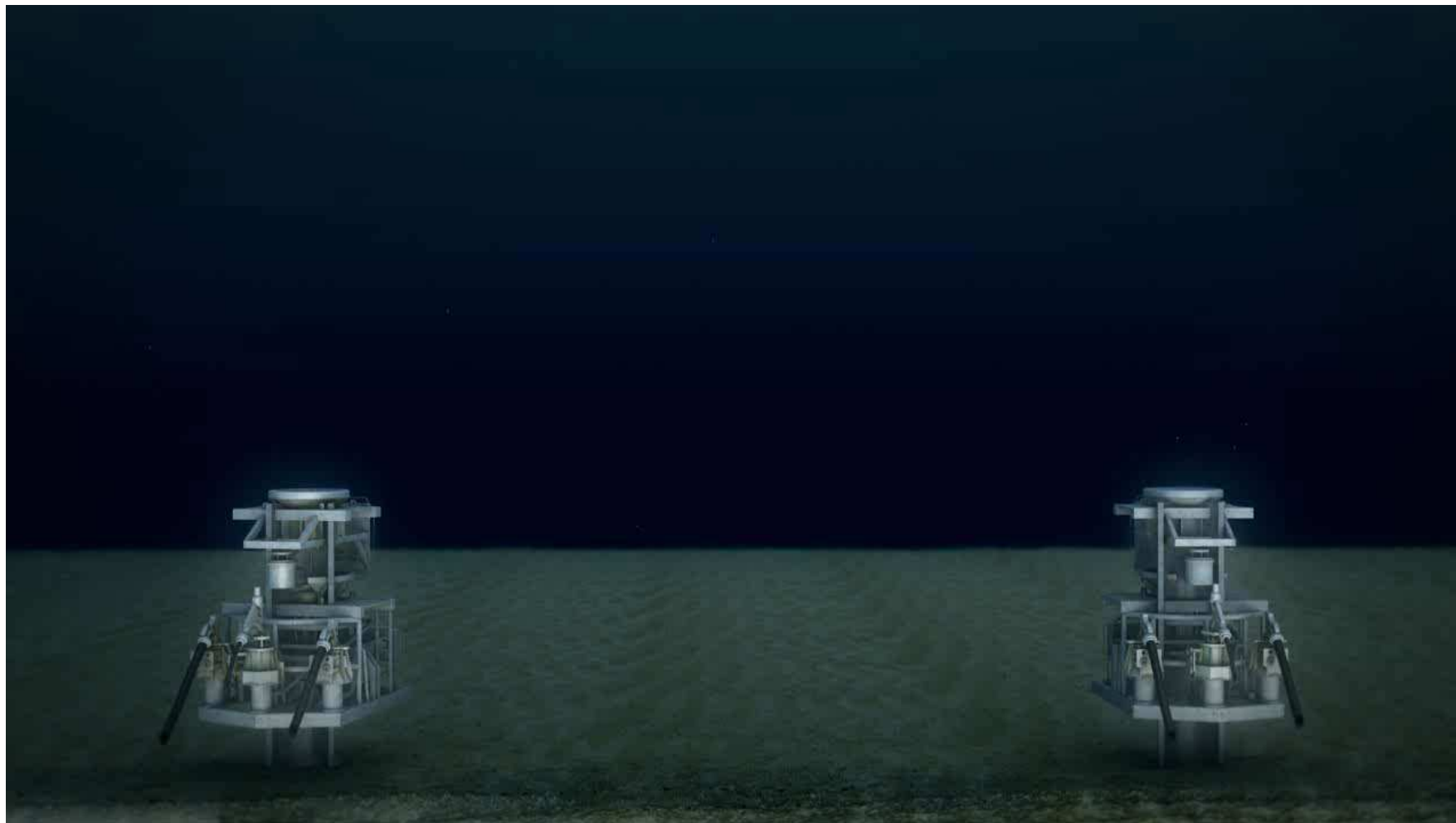




- Gás remove o óleo da rocha melhor do que a água ...
- ... mas somente nas porções de rocha por onde ele flui...
- ... o problema é que, por ser pouco viscoso, ele não flui por toda a rocha...
- tende a escoar por caminhos preferenciais



WAG



A injeção alternada com água aumenta o contato do gás com o óleo.



WAG - Laboratório



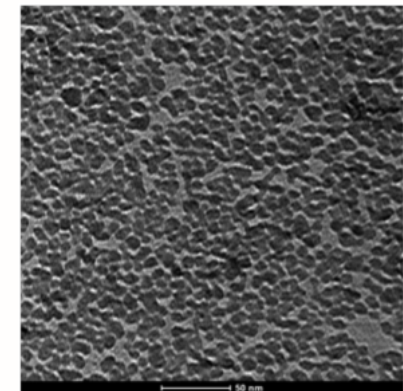
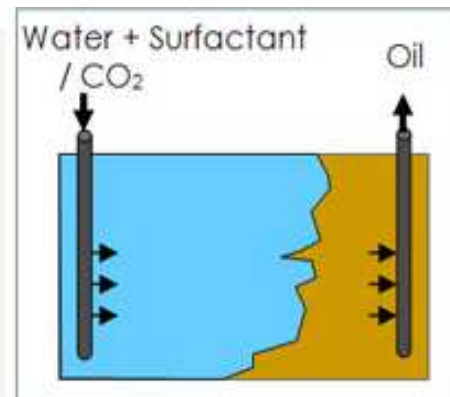
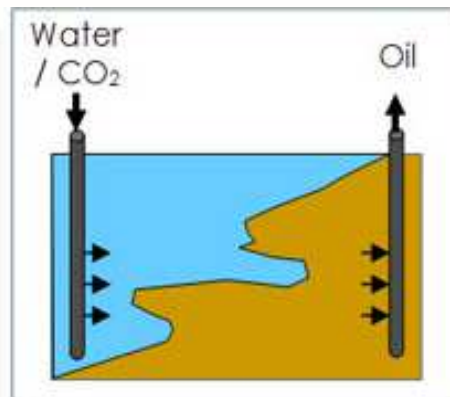
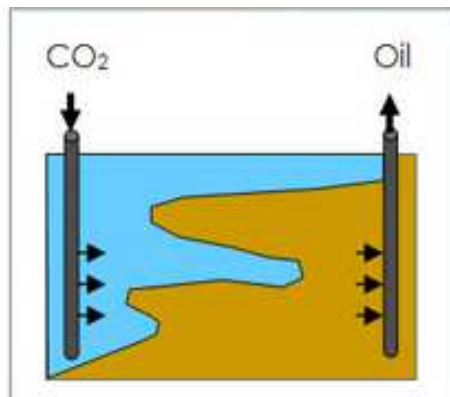
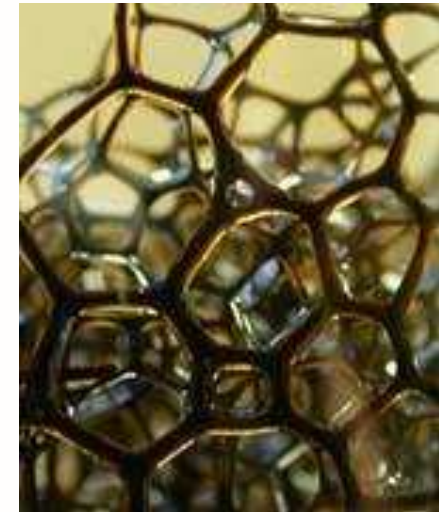
- Capacidade de bombeio isolado, simultâneo ou alternado de água, óleo e gás
- Pressões de poros de até 10000 psi, temperaturas de até 150C e pressões de overburden de até 20000 psi.
- Trabalho com CO₂
- Monitoramento e controle computadorizados.

- Caracterização do escoamento multifásico WAG na rocha-reservatório;
- Avaliação do fator de recuperação incremental em escala laboratorial;
- Avaliação das injetividades de gás e água;
- Auxílio na mitigação de eventuais problemas operacionais (ex: perda de injetividade).



WAG - Espumas

- Aumentar o desempenho do método WAG
- Retardar a produção de gás
- Prevenir a formação de cone gás
- Bloqueio de canais de alta permeabilidade
- Aplicação no pré-sal



WAG - Espumas

10-25-50-80 ml/min

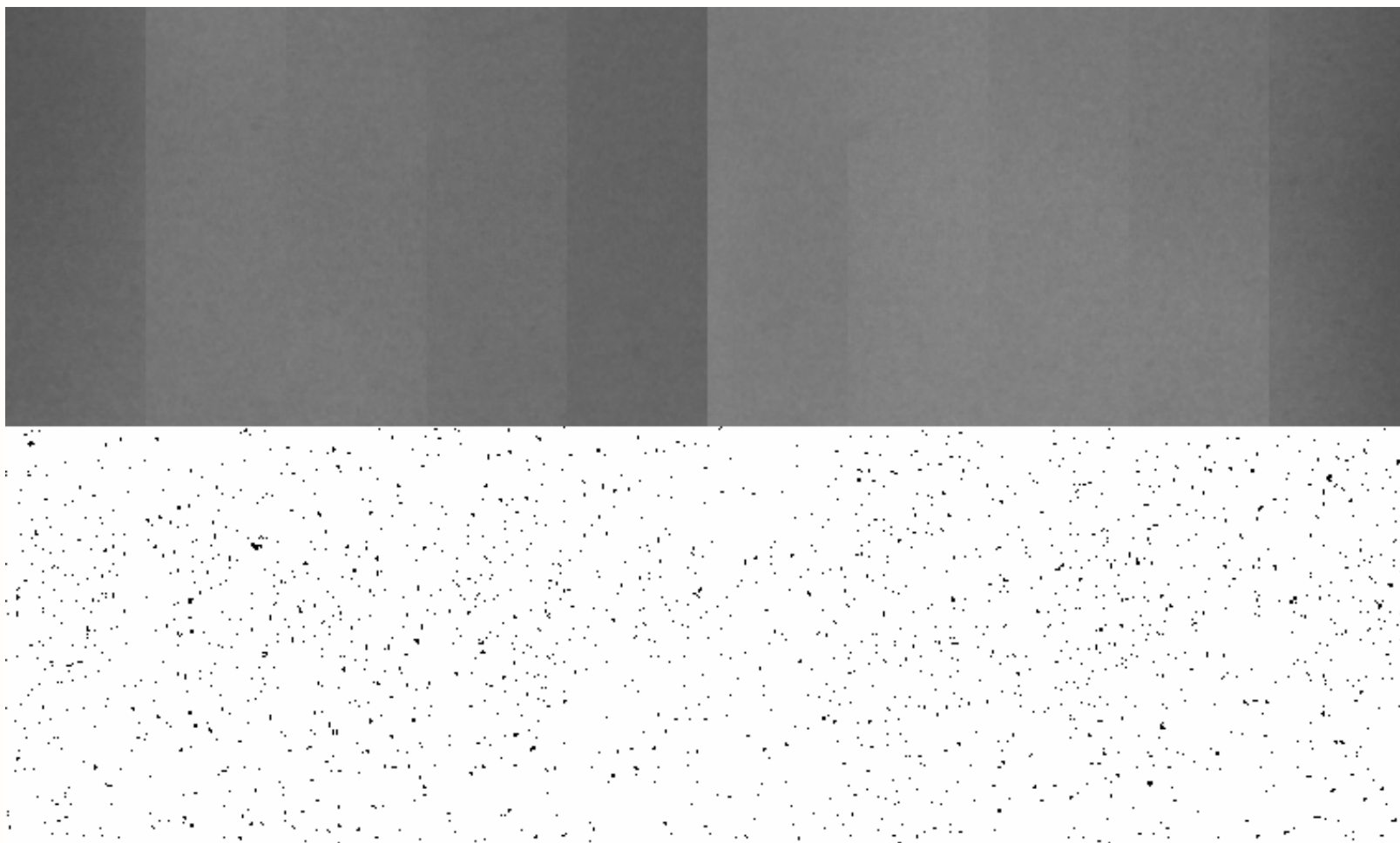


10-25-50-80 ml/min

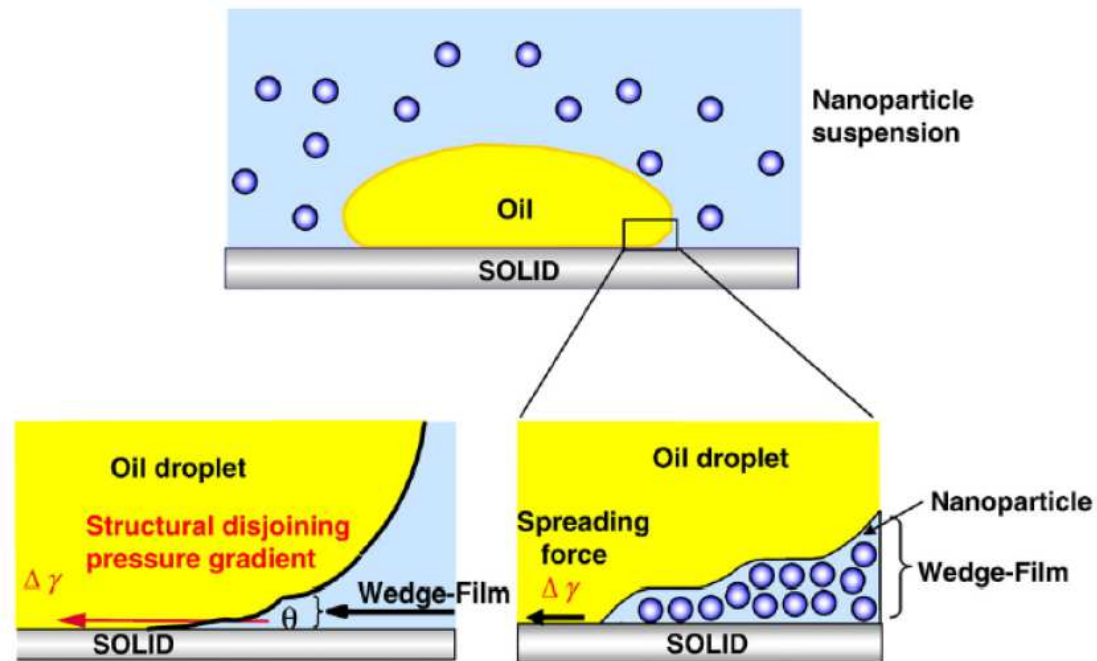


50ml/min

WAG - Espumas

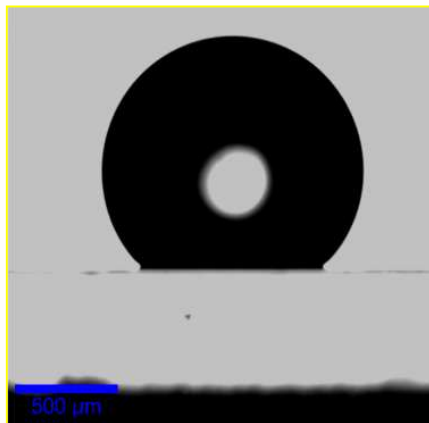


Nanopartículas para EOR

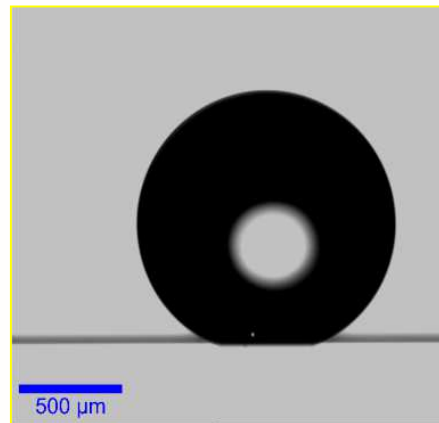


Wasan, D. T. and Nikolov, A. D. Spreading of nanouids on solids. *Nature*, 423(6936):156{159, 2003.
ISSN 0028-0836. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nature01591>.10.1038/nature01591.

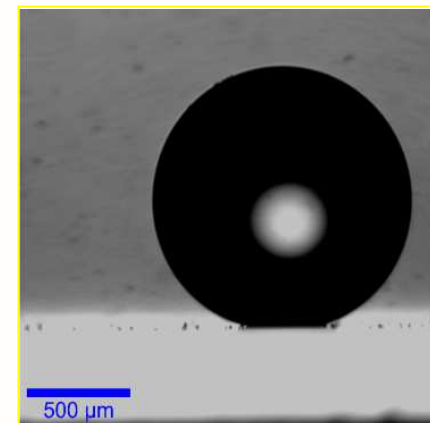
Nanopartículas para EOR



$\theta = 140,2^\circ$
Dodecano/Água

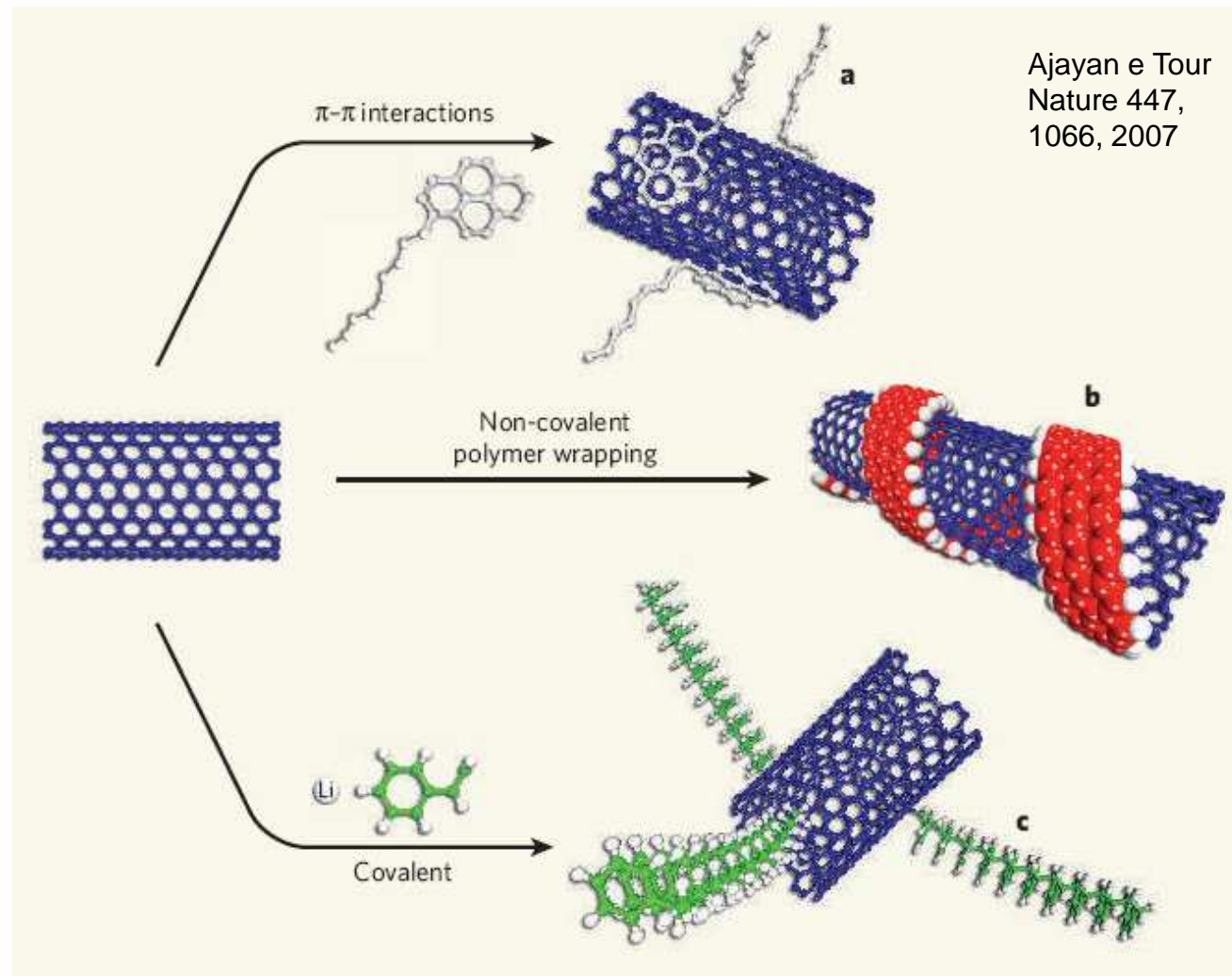


$\theta = 155,5^\circ$
[TiO₂] 0,0075%

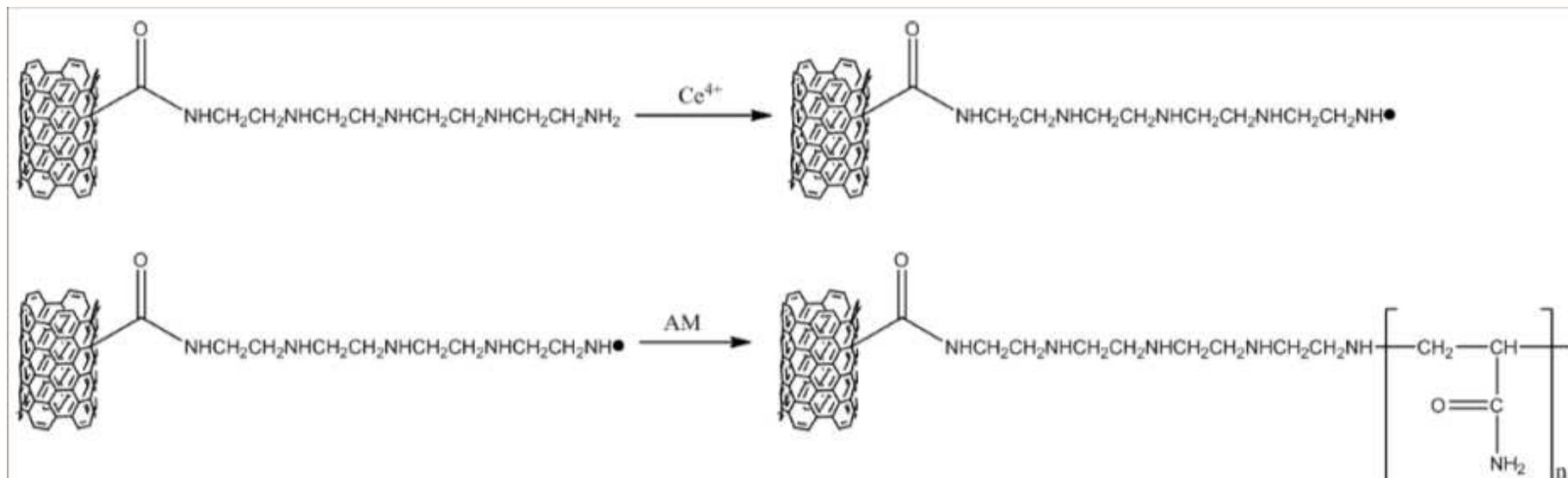


$\theta = 165,3^\circ$
[TiO₂] 0,025%

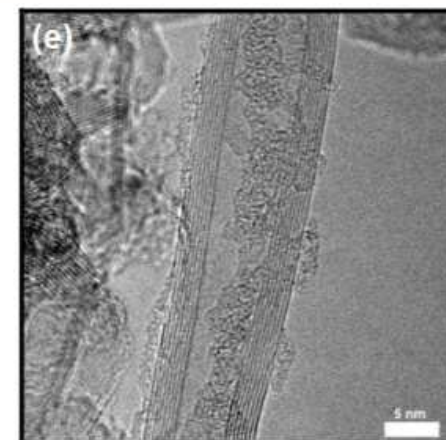
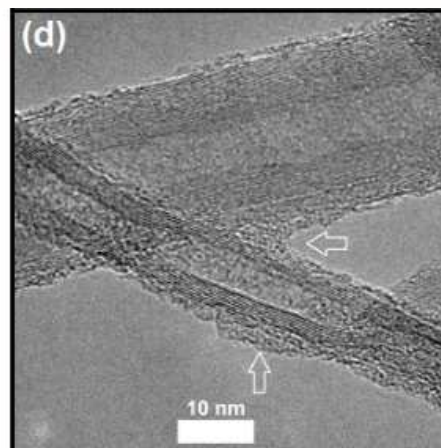
Nanotubos de Carbono - Estabilidade de Polímeros



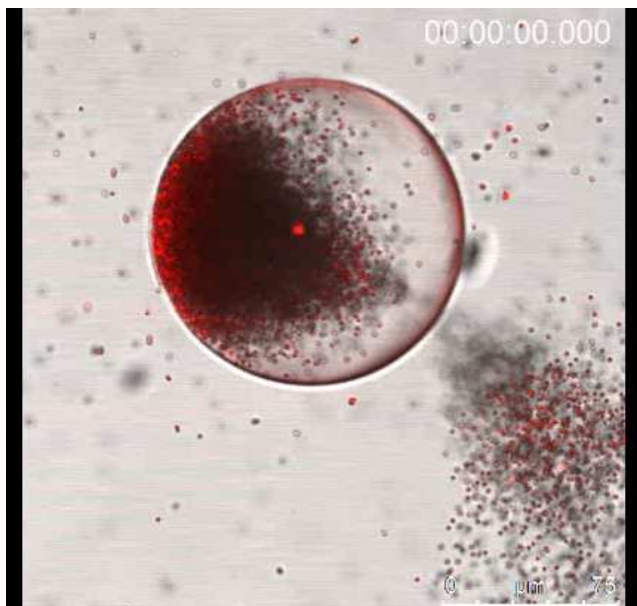
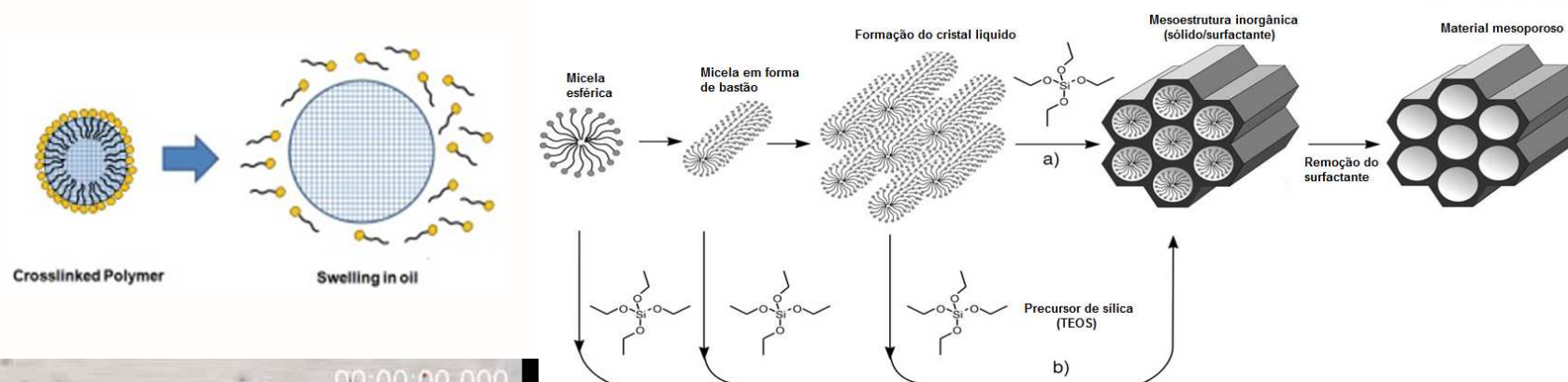
Poliacrilamida funcionalizada com CNT



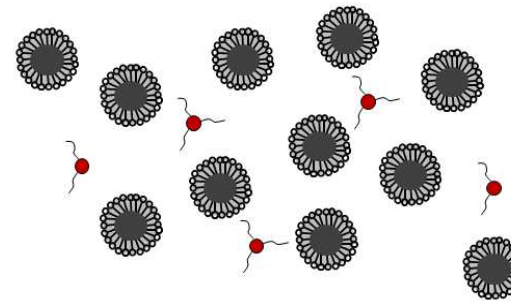
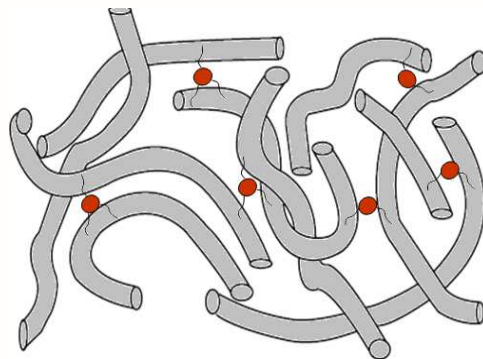
Solução aquosa com
alta viscosidade



Encapsulamento de agentes para EOR



Micelas Alongadas - Surfactante Viscosificante



Efeito
de Varrido



Efeito de
Deslocamento

1. Introdução

2. Parcerias

- Companhias de Petróleo
- Companhias de Serviços
- Institutos de Pesquisas
- Universidades

3. Tecnologias

4. Discussão

O Impacto do Incremento de Parcerias e Introdução das Tecnologias de IOR e EOR:

- Otimização de Projetos D&P e Produção
- Mitigação de Riscos
- Redução de Custos
- Aumento do VPL

Obrigado

