



# OTIMIZAÇÃO DA MODELAGEM GEOQUÍMICA DE RESERVATÓRIOS CARBONÁTICOS DO PRÉ-SAL SOB INJEÇÃO ALTERNADA CO<sub>2</sub>-WAG POR MEIO DA APLICAÇÃO DE MÉTODO DE *MACHINE LEARNING*

Palavras-Chave: WAG, *MACHINE LEARNING*, Modelagem Geoquímica

Autores(as):

Felipe Fortuna Perez UNICAMP

Prof. Dr. Alfredo Borges de Campos(orientador) UNICAMP

---

## INTRODUÇÃO:

As modelagens geoquímicas de reservatórios carbonáticos do pré-sal para simulação de recuperação avançada de óleo por meio de *Water Alternating Gas* (CO<sub>2</sub>-WAG) ainda é um tema em desenvolvimento. É sabido que estudos de modelagem geoquímica, em geral, trabalham com volumes massivos de dados (Costa Lima et al., 2019). A consequência disto, é a demanda de processamento de dados que é exigida das máquinas, podendo sobrecarregá-las. Para isso, novas tecnologias têm sido desenvolvidas para simplificar o processo, destacando-se ferramentas de *machine learning*, como o *Random Forest*, que opera por meio de algoritmo que pode utilizar dados provenientes das modelagens geoquímicas e combiná-los estabelecendo padrões para investigar a importância da inserção ou exclusão de parâmetros mineralógicos na eficiência da modelagem.

Na presente pesquisa em dados cedidos pela ANP (Agência Nacional de Petróleo) dos poços 2-ANP-1-RJS e 3-BRSA-1216DA-SPS, localizados no campo de Tupi da Bacia de Santos. O método de recuperação de óleo WAG já ocorre desde 2012 no campo, já que há uma grande concentração de CO<sub>2</sub> nos reservatórios (Patrocínio & Pinto, 2018). Assim, há um maior interesse na aplicação de modelagens geoquímicas na área.

Assim, o objetivo da pesquisa consiste em desenvolver e testar uma metodologia que avalia os efeitos da exclusão de minerais na eficiência da modelagem geoquímica usando métodos de *Machine Learning* associados aos dados de poços do Pré-sal da Bacia de Santos. Entretanto, ainda pouco se conhece sobre os efeitos da injeção do gás nos minerais do reservatório, podendo ter respostas variadas baseadas nas diferentes assembleias minerais dos diferentes poços.

## METODOLOGIA:

Foram cedidos dados do Banco de Dados de Exploração e Produção da ANP, dos poços 2-ANP-1-RJS e 3-BRSA-1216DA-SPS, localizados na Bacia de Santos, Campo de Tupi. A partir disto foram realizadas diversas modelagens geoquímicas relativas aos efeitos da interação fluido-rocha (WAG).

Essas modelagens geoquímicas foram realizadas pelo *software Phreeqc* onde foram usados os dados de entrada. Estes dados incluem a quantidade em mol por litro de cada mineral, a temperatura, a área de reação de cada mineral, a composição das soluções e *scripts* em *BASIC* de taxas de reação para os minerais presentes nos poços (Zhang, 2019). A injeção da salmoura carbonatada simulada teve um período de 15 anos na região com presença de óleo nos poços, entre 5000m e 5300m. As regiões foram divididas em 10 células. Cada uma apresenta 15 metros, que totalizam um caminho horizontal de 150 metros. Os resultados (dados de saída) são exportados para o *Excel*, sendo organizados em tabelas. Entre eles estão os valores de pH, pE e a quantidade dos minerais ao longo das etapas de injeção propostas, que totalizam 15 anos de injeção.

Posteriormente, as tabelas organizadas no *Excel* são exportadas para o *RStudio*, onde há a realização do processo de análise *Random Forest*. Para isso, a calcita é utilizada como parâmetro com relação a variação da quantidade dos minerais, do pH e do pE, pois a calcita é o mineral mais abundante em todos os poços. Assim são gerados os resultados, em porcentagem, do nível de importância de cada mineral, sendo assim discutidos se é possível que haja alguma exclusão para fim de otimização da modelagem geoquímica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados de análises *Random Forest* para os dois poços estão demonstrados nas tabelas 1 e 2.

Análise de Random Forest do poço 2-ANP-1-RJS		
Minerais Ausentes	Porcentagem	Desvio Padrão
Dolomita	78,09	0,006
Quartzo	99,62	0,0016
Fluorita	92,72	0,0308
Magnesita	96,41	0,0158
Microclínio	96,72	0,0144
Todos	96,72	0,0145

Tabela 1: Análise por *Random Forest* dos dados do poço 2-ANP-1-RJS. A porcentagem se refere ao grau de influência da exclusão do mineral na variação da calcita. A qualidade da predição aumenta para valores mais próximos de 100%. Observação: Microclínio equivale a "minerais-traço".

Análise de Random Forest do poço 3-BRSA-1216DA-SPS		
Minerais Ausentes	Porcentagem	Desvio Padrão
Minerais Traço	99,8	0,00095
Albita	99,1	0,0042
Barita	99,84	0,00074
Dolomita	99,49	0,00021
Fluorita	99,92	0,000403
Microclínio	99,65	0,0016
Pirita	97,6	5,412
Quartzo	99,49	0,0024
Todos	99,69	0,0013

Tabela 2: Análise por *Random Forest* dos dados do poço 3-BRSA-1216DA-SPS. Os parâmetros de comparação utilizados para a tabela 1 são utilizados aqui.

Os resultados das análises *Random Forest* para os dois poços ressaltam a importância da calcita como referência para a análise de predição de comportamento dos demais minerais. Portanto, as porcentagens demonstram a importância da exclusão do mineral em questão a partir da variação das concentrações de calcita. A partir das análises é possível notar que os minerais traços, sejam eles agrupados ou separados, têm as maiores porcentagens. Isso indica que possuem um maior potencial para serem excluídos. A exceção se dá na tabela 1 com relação ao alto valor apresentado pelo quartzo. Sua baixa importância se dá pelo fato do quartzo apresentar uma maior estabilidade, reagindo menos com a salmoura com relação aos demais minerais (Bressan, 2014).

## CONCLUSÕES:

É possível concluir que para os poços apresentados os minerais traço são os potencialmente mais favoráveis. Isso se dá pela sua menor importância com relação à variação da concentração de calcita. O quartzo do poço 2-ANP-1-RJS apresenta valores que condizem com sua exclusão pelo fato dos valores encontrados a partir da análise *Random Forest*, mas pela sua grande quantidade é menos provável que possa ser excluído, já que afetaria a estrutura do poço como um todo.

## BIBLIOGRAFIA

Bressan, L. W. (2014). Estudo experimental da interação CO<sub>2</sub>-rocha-fluido nas Formações Furnas e Ponta Grossa da Bacia do Paraná.

Lima, Mariana Quezado Costa, Clarissa Figueiredo Sampaio Freitas, and Daniel Ribeiro Cardoso. "Modelagem da informação para a regulação urbanística dos assentamentos precários em Fortaleza." *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* 11 (2019).

Patrocínio, Guilherme Augusto Ferraiolo, and Marcio Augusto Sampaio Pinto. "Recuperação melhorada de reservatórios de petróleo sob injeção WAG-CO2 utilizando metamodelos." *Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP-SIICUSP* (2018).

Zhang, Yilun, et al. "A library of BASIC scripts of reaction rates for geochemical modeling using phreeqc." *Computers & Geosciences* 133 (2019): 104316.