

**EMENTAS E PROGRAMAS DAS DISCIPLINAS DE TÓPICOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E ENGENHARIA DE PETRÓLEO**

2º semestre de 2025

PP390 E – Topics in Reservoir Engineering: Improved Oil Recovery (IOR) at the core scale

Classes will be taught in English. Online – Google Meeting. Background in Reservoir Engineering is highly recommended. Maximum: 15 students.

- **Professors**

Rosangela Barros Zanoni Lopes Moreno; Ingebret Fjelde; Aruoture Omekeh; Pål Østebø Andersen.

- **Day and time**

Wednesdays, 09h00 – 12h00 (Horário de Brasília) / 2 pm – 5 pm Central European Time (CET)

- **Description of the Course**

The course focuses on simulating Improved Oil Recovery (IOR) processes at the core scale. Students will explore fluid flow, displacement mechanisms, and rock–fluid interactions. Emphasis is placed on modeling and interpretation of core-scale experiments with a simulator (IORCoreSim). The course provides a foundation for understanding IOR techniques in reservoir engineering.

- **Program (Topics to be covered):**

1. Principle of EOR.
2. Core scale simulation with the simulator IORCoreSim.
3. Core scale simulation of laboratory experiments.
4. Simulation of different types of EOR processes

• **Course content distribution throughout the semester:**

Day			Topic	Responsible
1	03/Set	2 hours Exposition 1 hour exercises	Principles of EOR	Ingebret Fjelde
2	10/Set	2 hours Exposition 1 hour exercises	IORCoreSim introduction	Aruoture Omekeh
3	17/Set	2 hours Exposition 1 hour exercises	Core scale simulations: Water flooding including evaluation of end-effects	Aruoture Omekeh
4	24/Set	2 hours Exposition 1 hour exercises	Core scale simulations: Spontaneous imbibition	Aruoture Omekeh
5	01/Oct	2 hours Exposition 1 hour exercises	Core scale simulations: Porous plate drainage	Aruoture Omekeh
6	08/Oct	2 hours Exposition 1 hour exercises	Examples IORCoreSim: Smart water	Aruoture Omekeh
7	15/Oct	2 hours Exposition 1 hour exercises	Examples IORCoreSim: Surfactant flooding	Aruoture Omekeh
8	22/Oct	2 hours Exposition 1 hour exercises	Examples IORCoreSim: Polymer flooding	Aruoture Omekeh
9	29/Oct	3 hour Individual Projects	Individual Project* (Doubt sessions)	Aruoture, Pal, Rosangela, Skule
10	05/Nov	3 hour Individual Projects	Individual Project* (Doubt sessions)	Aruoture, Pal, Rosangela, Skule
11	12/Nov	3 hour Individual Projects	Individual Project* (Doubt sessions)	Aruoture, Pal, Rosangela, Skule
12	19/Nov	3 hour Individual Projects	Individual Project* (last week to send report, data files, and presentation file)	Aruoture, Pal, Rosangela, Skule
13/ 14/ 15	26/Nov	9 hours Project	Individual Project (CLOSING Presentations) (20 min presentation +10 min Discussion)	Ingebret, Aruoture, Pal, Rosangela, Skule

(*) Description of the Project using the software: The project will be developed for smart water, surfactants, polymers, or other EOR methods, in agreement with the supervisor(s) involved. The final presentation and report must include an abstract (only in the report), Introduction (Motivation, Updated literature review, and objectives); Method Fundamentals; Simulation Model and Workflow; Results and Discussions; Conclusions.

- **Teaching Methodology**

The course consists of lectures, exercises, and guided individual project development.

- **Evaluation Criteria:**

Grade (maximum 100%) = 20% Extra-Classe Exercises + 50% Individual Project + 30% Presentation

Grade Range: ($85\% \leq A \leq 100\%$), ($70\% \leq B < 85\%$), C ($55\% \leq C < 70\%$)

- **References:**

Lohne, A. User's Manual for IORCoreSim-Combined EOR and SCAL Simulator (Version 1.352). (2024).

Lake, L. W., Johns, R., Rossen, B. & Pope, G. Fundamentals of Enhanced Oil Recovery. (2014).

Green, D. W. & Willhite, G. P. Enhanced Oil Recovery (SPE Textbook Series) Volume 6. (Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME, Society of Petroleum Engineers, 1998).

PP490 C – Tópicos em Engenharia de Poços: Maritime Big Data and Satellite Utilization

- **Docentes**

José Ricardo Pelaquim Mendes, Celso Kazuyuki Morooka e Sérgio Nascimento Bordalo.

- **Horário das aulas**

Terça e quinta-feira, das 08h00 às 09h30.

- **Resumo:**

Knowledge of the present, past and future oceanic conditions are crucial in planning ocean developments. In this lecture, students will learn the basics of how the data was generated,

where to obtain the data, and how to analyze the data. Experts in met-ocean data will introduce in-situ and satellite observational data as well as ocean reanalysis and forecast data products. Data servers handling the maritime big data will be introduced during the lecture. Students are expected to access the data each lecture under the guidance of the lecturer.

PP490 D – Tópicos em Engenharia de Poços: Projeto Unificado de Fraturamento

- **Docente**

Marcos Antonio Rosolem (marcos.rosolen@gmail.com)

- **Ementa**

- Fraturamento Hidráulico para Melhoria de Produção ou Injeção
- Estimulação como Método para Aumentar o Índice de Produtividade
- Teoria do Fraturamento
- Elasticidade Linear e Mecânica de Fraturas
- Mecânica do Fluido de Fraturamento
- Filtração e Balanço Volumétrico na Fratura
- Geometrias Básicas de Fratura
- Fraturamento de Formações de Alta Permeabilidade (HPF)
- Materiais de Fraturamento
- Projeto de Fraturamento
- Exemplos de Projeto de Fraturamento e Considerações Adicionais
- Altura da Fratura
- Efeitos de Extremidade (Tip Effects)
- Fluxo não-Darcyano na Fratura
- Compensação do Skin de Face de Fratura
- Exemplos Práticos de Projetos de Fraturamento
- Controle de Qualidade e Execução
- Avaliação do Tratamento
- Tópicos Especiais em Estimulação de Poços

- **Objetivos**

Ao final do curso os alunos deverão estar aptos a analisar os itens de controle de intervenções de Estimulação de Poços; obter os dados de entrada de um projeto de fraturamento; ter noção de como se faz um projeto de fraturamento e conhecer os procedimentos de execução, monitoração e avaliação destas operações.

- **Conteúdo programático**

O propósito deste curso é transferir a tecnologia do fraturamento hidráulico e sua execução. Os vários tópicos trazem informações sobre o reconhecimento de candidatos, projeto, execução e avaliação do tratamento, seleção de materiais, controle de qualidade, e especificação de equipamentos. Seu objetivo é estabelecer uma metodologia para o projeto unificado de tratamentos de fraturamento hidráulico, uma operação de estimulação de poços consagrada na indústria do petróleo. Poucas atividades mostram tal potencial para aumento de produtividade de poços de forma segura e confiável quanto esta operação.

A palavra “unificado” foi escolhida deliberadamente para indicar tanto a integração de todos os aspectos tecnológicos altamente diversificados do processo como para desmistificar a noção disseminada de que existe um tratamento específico para formações de baixa permeabilidade e outro para reservatórios altamente permeáveis. É natural, mesmo para operadores experientes, pensar desta forma porque o alvo tradicional do fraturamento tem sido os reservatórios de baixa permeabilidade enquanto que os tratamentos para alta permeabilidade têm sido enquadrados como operações para controle de areia.

A idéia-chave é que as formulações destes tratamentos podem ser unificadas porque eles podem ser caracterizados por um parâmetro, número de propante adimensional, que determina teoricamente as dimensões ótimas da fratura pelas quais o máximo índice de produtividade ou injetividade pode ser alcançado. As restrições técnicas devem moldar o projeto de forma que ele se desvie de seu ótimo teórico somente o suficiente para se ajustar à extensão projetada para a fratura. Com esta abordagem, difíceis tópicos como o fraturamento de alta versus baixa permeabilidade, crescimento vertical da fratura, fluxo não-Darcyano, e incrustação de propante são tratados de forma transparente e unificada, fornecendo ao engenheiro um procedimento de projeto lógico e coerente.

PP528 L – Tópicos em Geofísica de Reservatórios: Práticas de processamento de dados sísmicos reais 2D e 3D

- **Docente**

Jorge Henrique Faccipieri Junior

- **Objetivo**

Capacitar o estudante com experiência prática e aprofundada no processamento de dados sísmicos reais 2D e 3D. O aluno aprenderá a manipular formatos de dados, construir geometrias, aplicar técnicas de pré-processamento (atenuação de ruído, recuperação de amplitude e deconvolução), ordenar dados, realizar análise de velocidade, empilhamento e migração (tempo e profundidade, pré e pós-empilhamento), utilizando softwares para gerar imagens geológicas de alta qualidade.

- **Conteúdo Programático**

Este conteúdo é projetado para ser altamente prático, com cada tópico sendo abordado com demonstrações e exercícios usando dados sísmicos reais.

- Módulo 1: Preparação e Formatos de Dados Sísmicos

Este módulo aborda os fundamentos da gestão de dados sísmicos. Os estudantes aprenderão sobre as estruturas de dados SEG-Y, SU e Seis, incluindo seus cabeçalhos. O foco é na importação, exportação e conversão prática de dados (por exemplo, SEG-Y para SU), além de manipular e mapear cabeçalhos de traços sísmicos para preparar datasets reais 2D/3D em ambientes como Seismic Unix e Shearwater Reveal.

- Módulo 2: Geometrias de Aquisição e Controle de Qualidade Inicial

Este módulo aprofunda-se nas geometrias de aquisição sísmica para levantamentos 2D e 3D (terrestres e marinhos). Os estudantes terão experiência prática na construção e verificação de geometrias, associando-as aos dados sísmicos e realizando Controle de Qualidade (QC) usando ferramentas como mapas de cobertura, offsets e azimutes. O trabalho prático inclui edição de traços, identificação e silenciamento de ruídos, e seleção de primeiras quebras para etapas futuras, como estáticas.

- Módulo 3: Pré-processamento Essencial

Este módulo foca nas principais técnicas de pré-processamento. Os estudantes aprenderão a atenuação de ruídos usando filtros de frequência (passa-banda, notch) e F-K (para ground roll e múltiplas). Também abrange a recuperação e balanceamento de amplitudes através da Correção de Divergência Esférica e diversos tipos de ganho (por exemplo, AGC), além do balanceamento de energia de traços. Um componente prático chave é a deconvolução, onde os estudantes ajustarão parâmetros e avaliarão sua eficácia em dados reais.

- Módulo 4: Ordenação, Visualização e Análise de Velocidade

Este módulo trata da organização de dados e da construção de modelos de velocidade. Os estudantes criarão e visualizarão gathers comuns (CMP, tiro, receptor) e entenderão a distribuição de dados em inline, xline e offsets, crucial para a preparação do empilhamento. Uma parte importante é a análise de velocidade 2D/3D, envolvendo a correção NMO (Normal Moveout), o tratamento do estiramento, e a interpretação de painéis de coerência (semblance) para o picking de velocidades e a construção de campos de velocidade para empilhamento CMP.

Módulo 5: Migração Sísmica

Este módulo explora a migração sísmica, focando no posicionamento correto dos refletores e no colapso de difrações. Os estudantes aplicarão e compararão algoritmos de migração pós-empilhamento (F-K, Kirchhoff) e entenderão as vantagens e a aplicação da migração pré-empilhamento (PSM), particularmente os algoritmos de Kirchhoff para dados 2D/3D. O módulo também aborda a importância de modelos de velocidade precisos para a migração, incluindo a análise de Common Image Gathers (CIGs) para avaliação e atualização de velocidade e conceitos como tomografia para migração em profundidade.

• Critérios de Avaliação

A avaliação será predominantemente prática, baseada na aplicação de técnicas e na análise de resultados:

- Exercícios Práticos de Laboratório e Relatórios (50%): Múltiplos exercícios semanais/quinzenais com software, com relatórios descrevendo a aplicação e os resultados.
- Projeto Final de Processamento (25%): Um projeto completo de processamento de um dado sísmico real, culminando em um relatório técnico.
- Participação em Discussões e Atividades (25%): Engajamento ativo nas aulas e nas atividades práticas.

PP590 D – Tópicos em Geoengenharia de Reservatórios: Sísmica 4D

- **Docente**

Alessandra Davolio Gomes

- **Conteúdo programático da disciplina**

Introdução aos dados sísmicos e suas aplicações para estudos de reservatórios. Aspectos gerais da sísmica 4D. Modelagem direta para estudos de 4D. Estudos de viabilidade. Interpretação sísmica 4D. Integração entre dados de sísmica 4D e modelos dinâmicos de reservatório.

- **Metodologia de ensino**

Além de aulas teóricas onde serão apresentados os principais conceitos a serem absorvidos, serão propostos exercícios e projetos ao longo do curso para melhor assimilação do conhecimento. Haverão também aulas dedicadas ao esclarecimento de dúvidas.

- **Critérios de avaliação**

As notas serão compostas pelas pontuações obtidas nos projetos.