

Sleipner Project - Noruega

ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO DE CO₂ Utsira sand reservoir

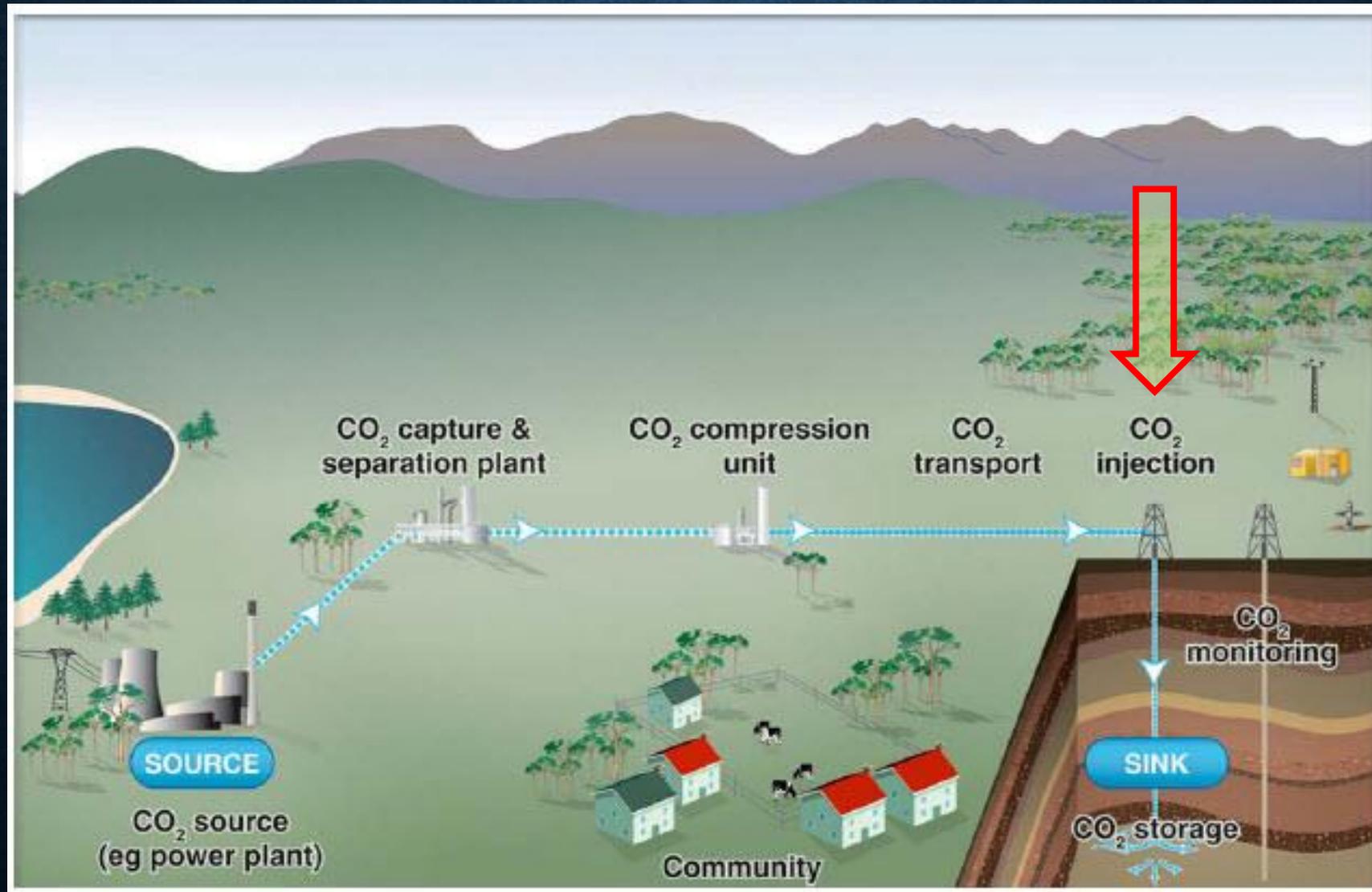
- TECNOLOGIAS DE CCS

GRUPO DE PESQUISA USP / CNPQ

Prof. Dr. Colombo C. G. Tassinari

CO₂

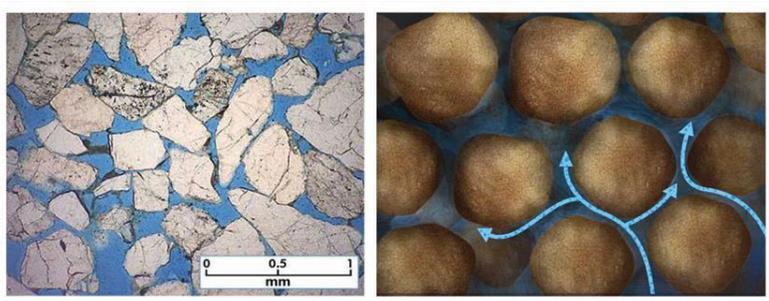
TECNOLOGIA CCS : CARBON, CAPTURE, STORAGE



Características de Rochas para Reservatórios de CO₂

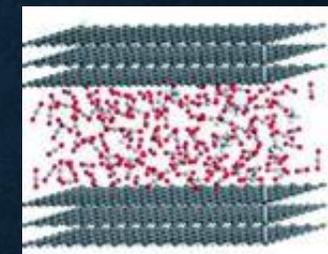
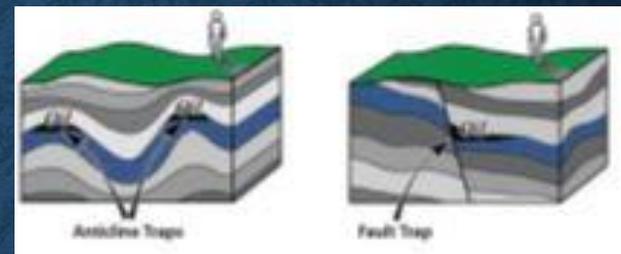
PERMITIR INJEÇÃO DE CO₂

permeabilidade
porosidade



RETER CO₂ POR LONGO TEMPO

aprisionar CO₂

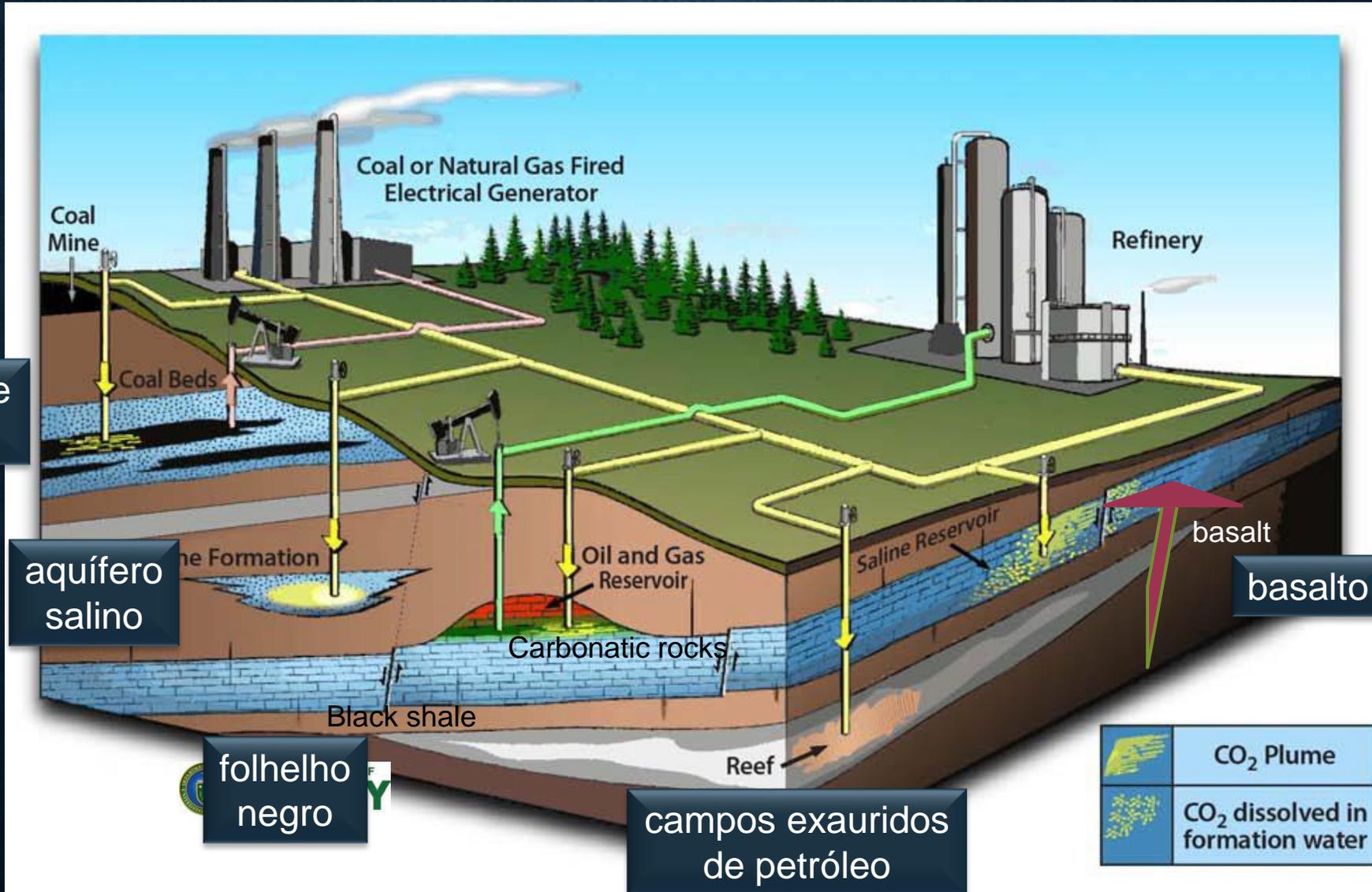


POSSIBILITAR O ARMAZENAMENTO
DE GRANDES QUANTIDADES DE CO₂



ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO DE CO₂

TIPOS DE RESERVATÓRIOS

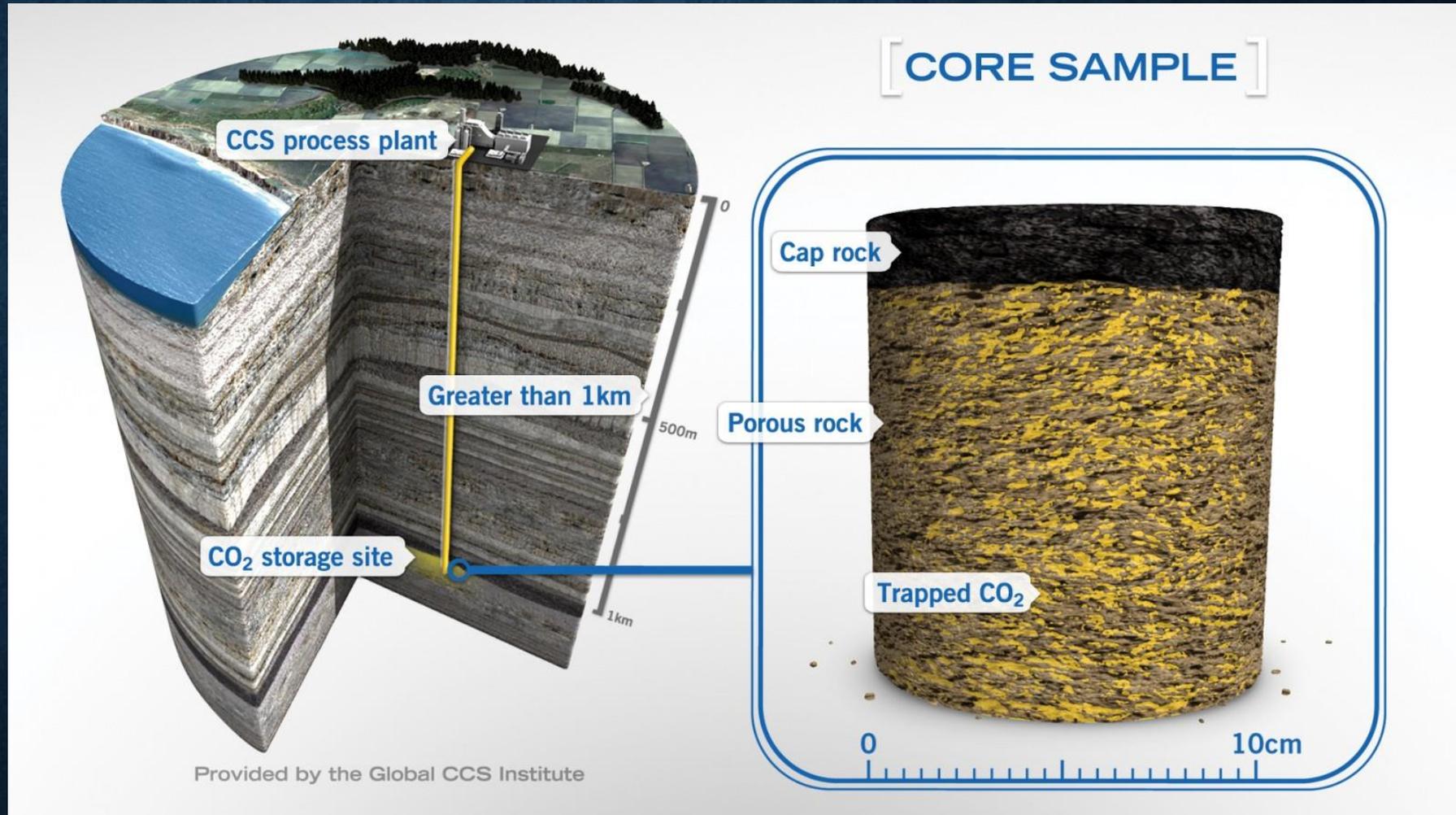
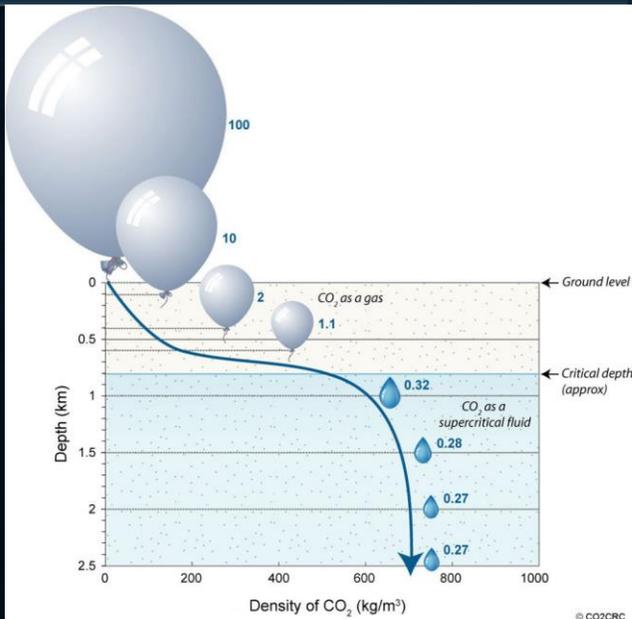


INJEÇÃO DE CO₂ EM RESERVATÓRIOS GEOLÓGICOS

CO₂ injetado como fluido supercrítico:

$T_c \geq 31^\circ\text{C}$ e $P_c \geq 73,8 \text{ bar}$

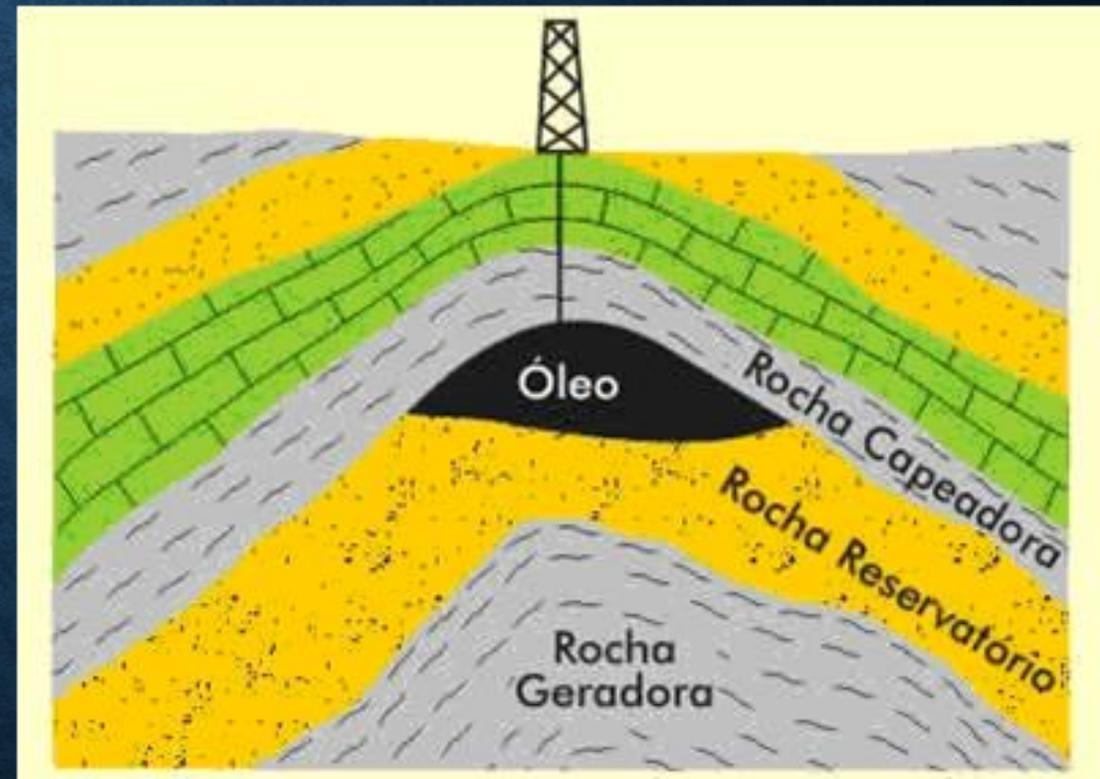
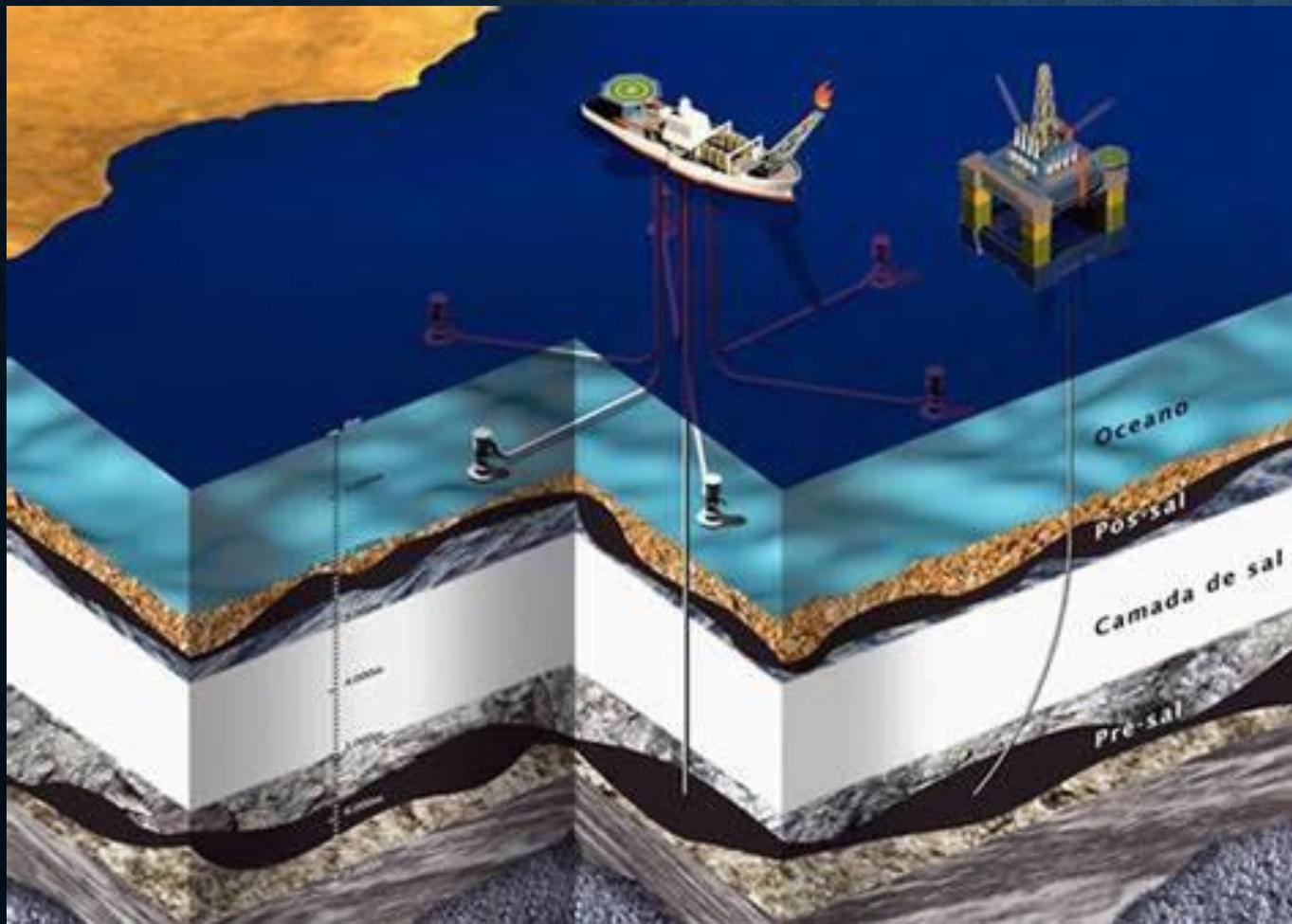
- Solução Aquosa
- Solução de Salmoura,
- Solução Ácida, etc.





CARBFIX PROJECT - HELLISHEIDI GEOTHERMAL POWER PLANT
ISLANDIA

CAMPOS DEPLETADOS DE ÓLEO E GÁS



ARMAZENAMENTO DE CO₂ EM CAMADAS DE CARVÃO

Opção: Injeção associada à produção de Coal Bed Methane

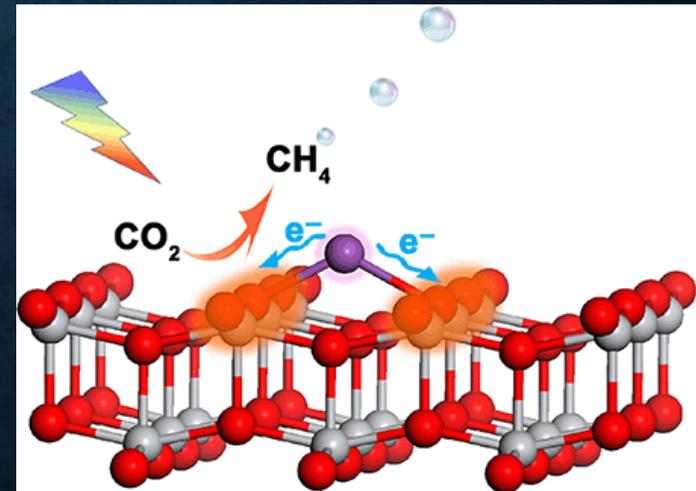


CO₂ É ARMAZENADO COMO MOLÉCULAS ADSORVIDAS EM SUPERFÍCIES DE MICROPOROS

ARMAZENAMENTO DE CO₂ EM CAMADAS DE FOLHELHO NEGRO (BLACK SHALE)

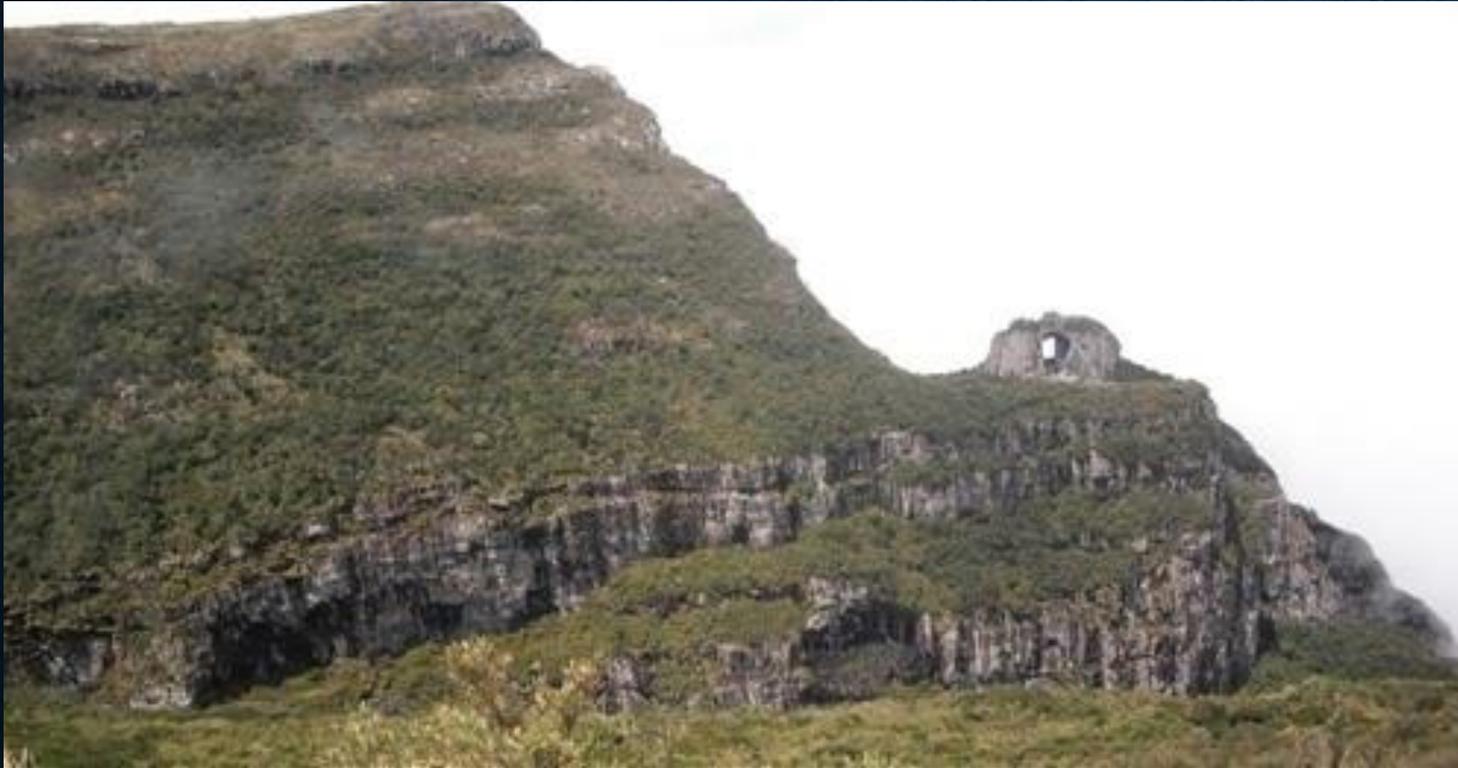


CO₂ retido por adsorção na matéria orgânica e em minerais de argila



Opção: Produção de shale gas / shale oil

ARMAZENAMENTO DE CO₂ EM BASALTO



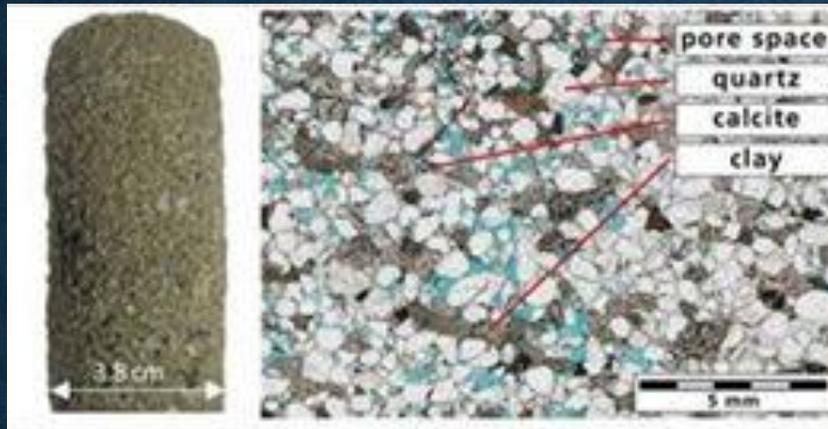
CO₂ É RETIDO POR MINERALIZAÇÃO



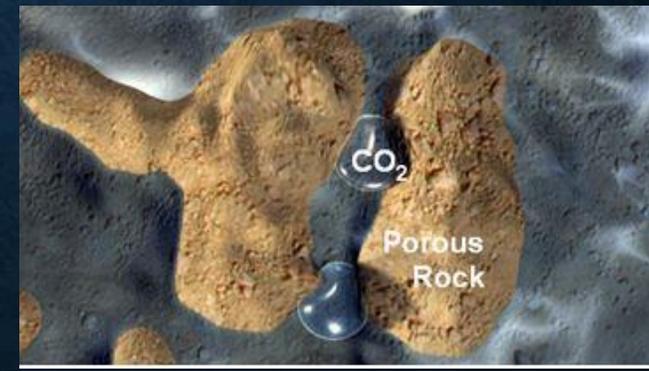
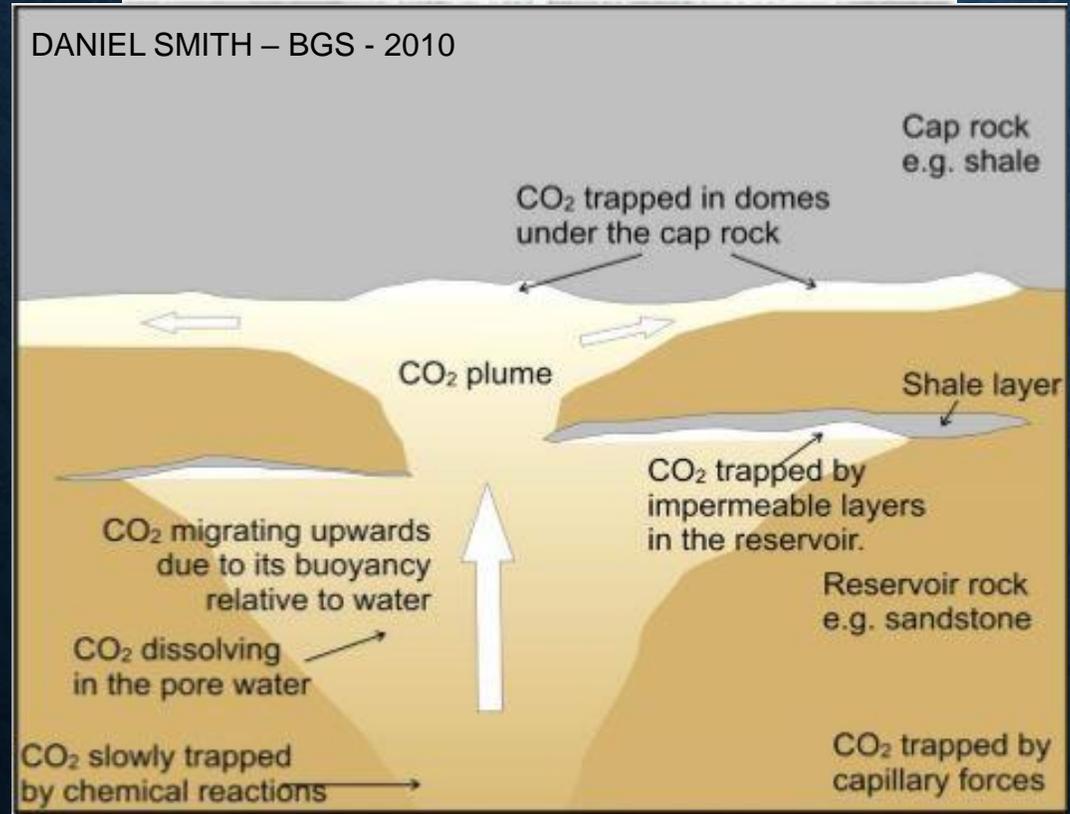
CARBONATOS

Testemunho de basalto - CARBFIX

ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO DE CO₂ EM AQUÍFEROS SALINOS



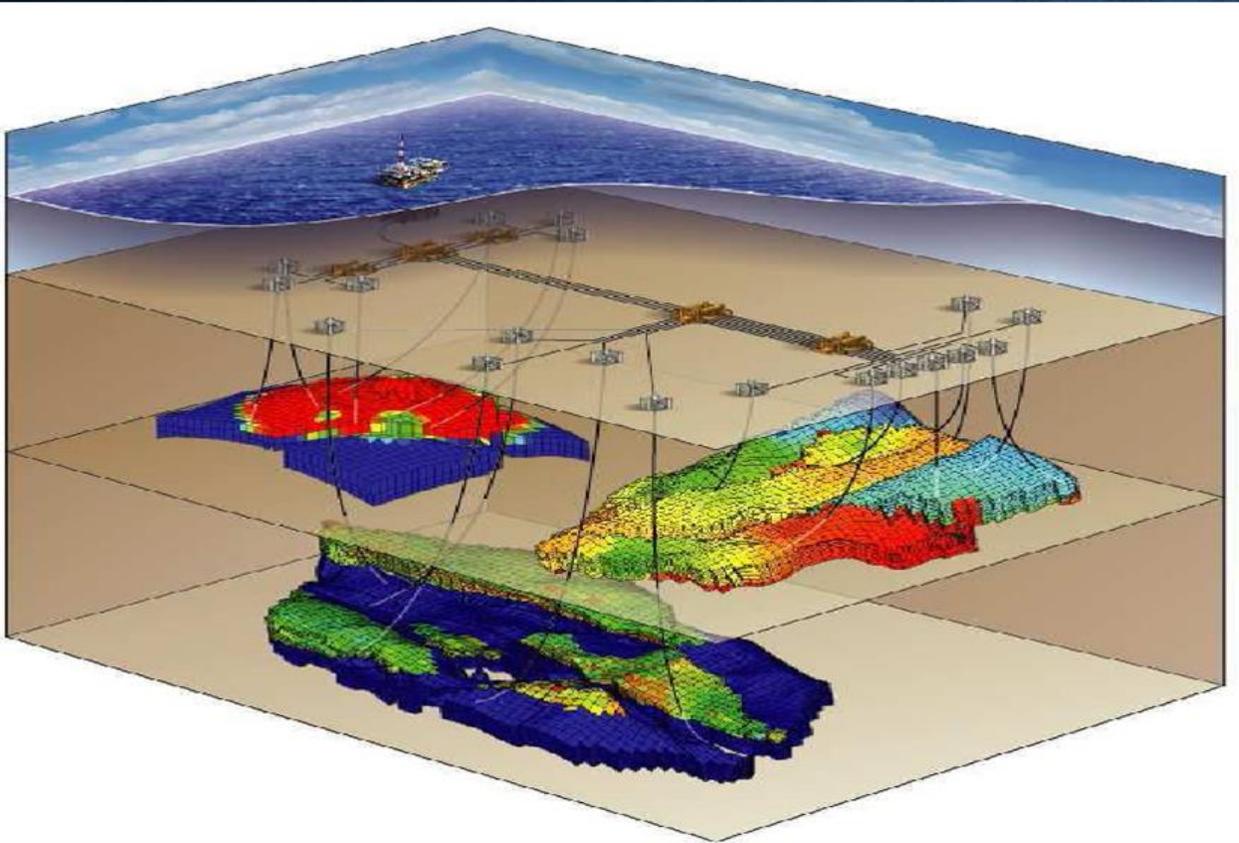
- ## RETENÇÃO DE CO₂
- rocha selante
 - capilaridade
 - solubilização
 - densidade



BACIAS SEDIMENTARES
ÁREAS MAIS PROMISSORAS
PARA ARMAZENAR CO₂



CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS GEOLÓGICOS DE CO₂



- SELEÇÃO DA FORMAÇÃO GEOLÓGICA
 - SELEÇÃO DO MELHOR LOCAL
 - AVALIAR O TIPO DE RESERVATORIO
- CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE CO₂
- DEFINIÇÃO DE FATORES DE SEGURANÇA
 - AVALIAÇÃO DE RISCOS
- MONITORAMENTO DE ESCAPE DE GAS
- ESTIMATIVA DE CAPACIDADE DE INJEÇÃO
- ESTIMATIVA DE CUSTOS DE INJEÇÃO

TIPOS DE TRABALHOS REALIZADOS



TRABALHO DE CAMPO

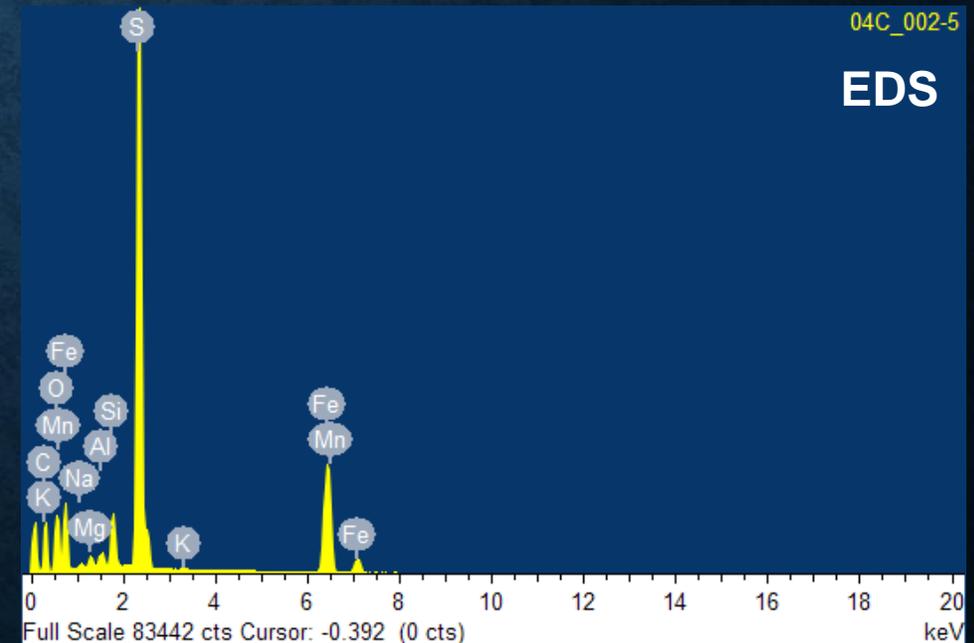
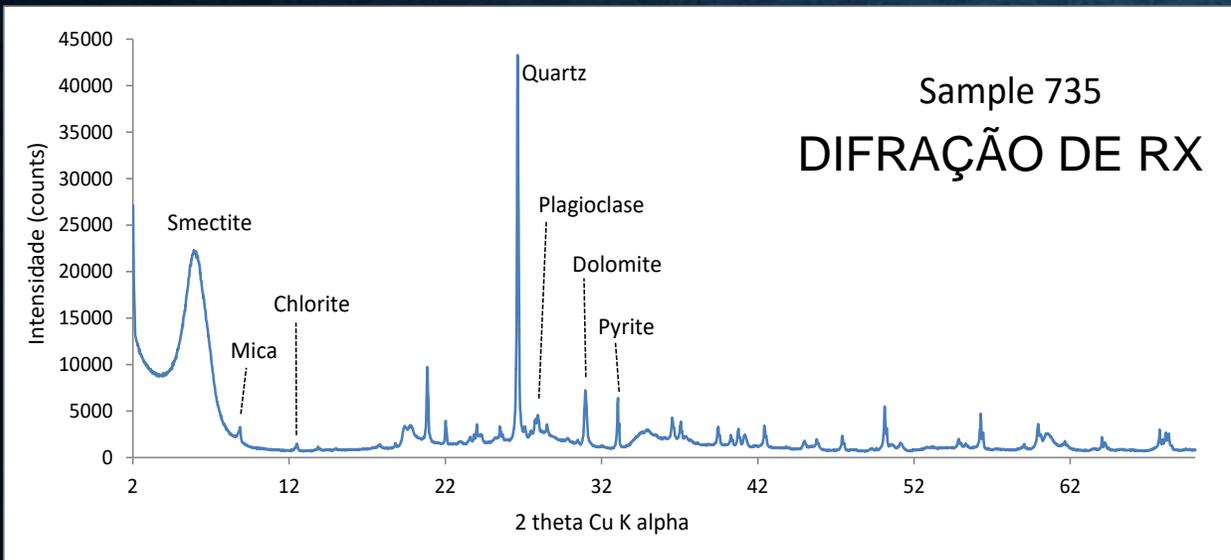
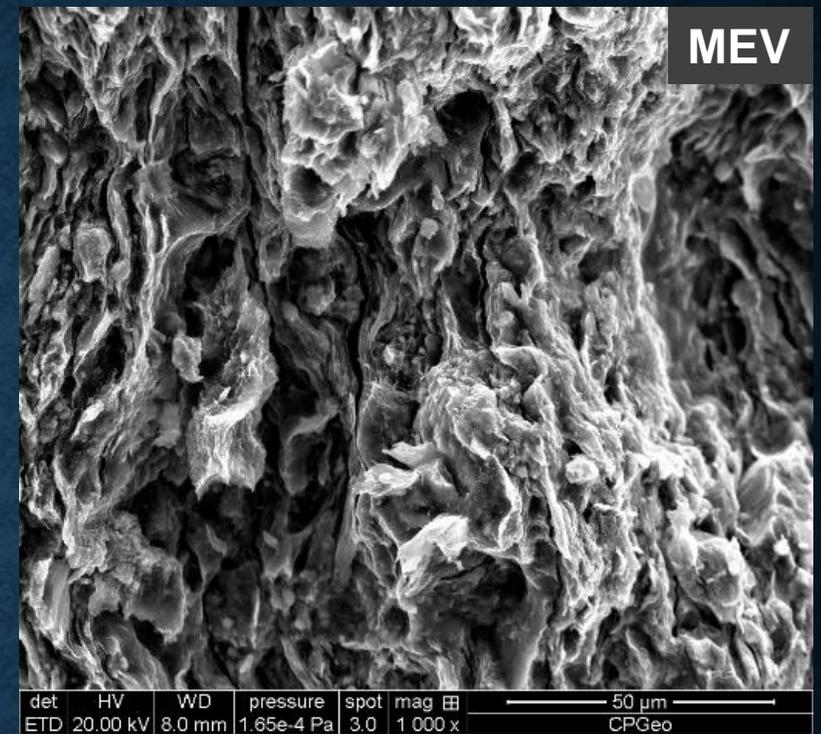
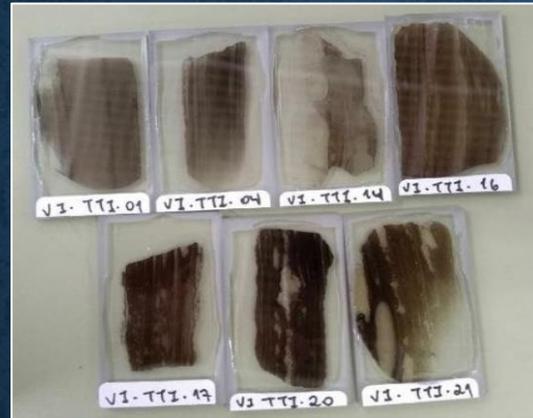
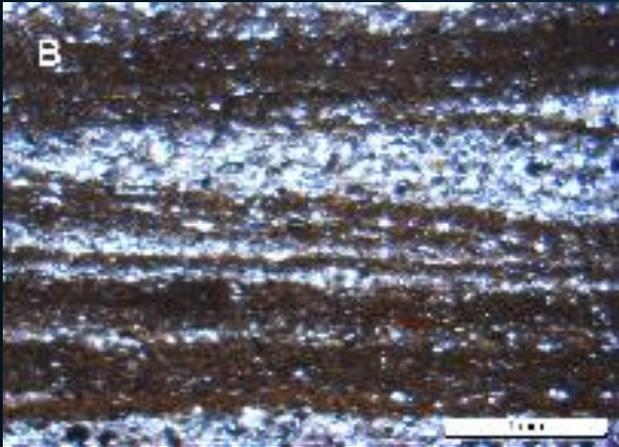
RELAÇÕES GEOLÓGICAS

COLETA DE AMOSTRAS



COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

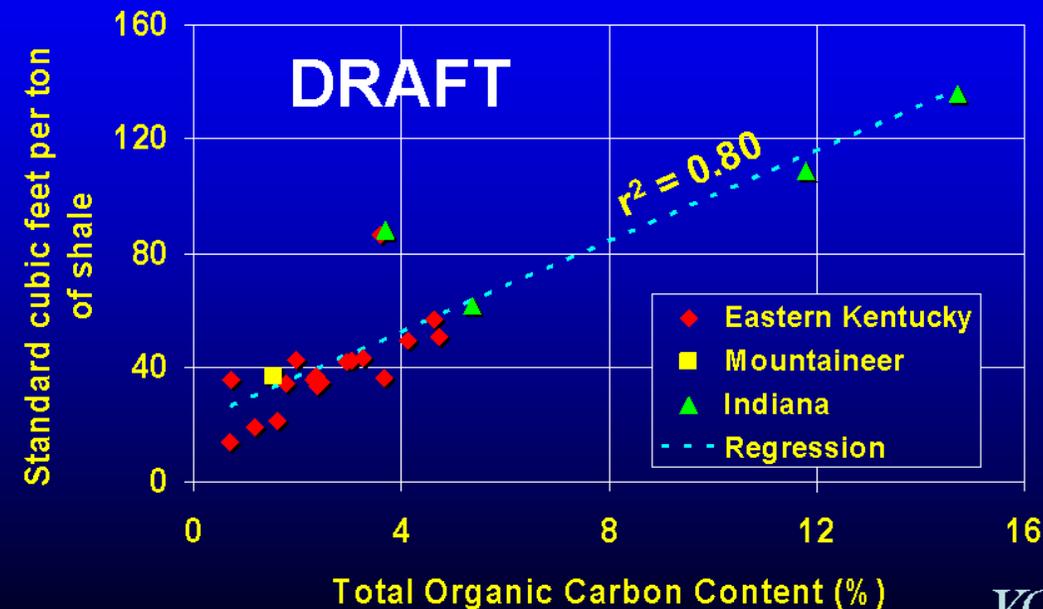
TEXTURA E ESTRUTURA DAS ROCHAS



GEOQUIMICA ORGANICA E INORGANICA

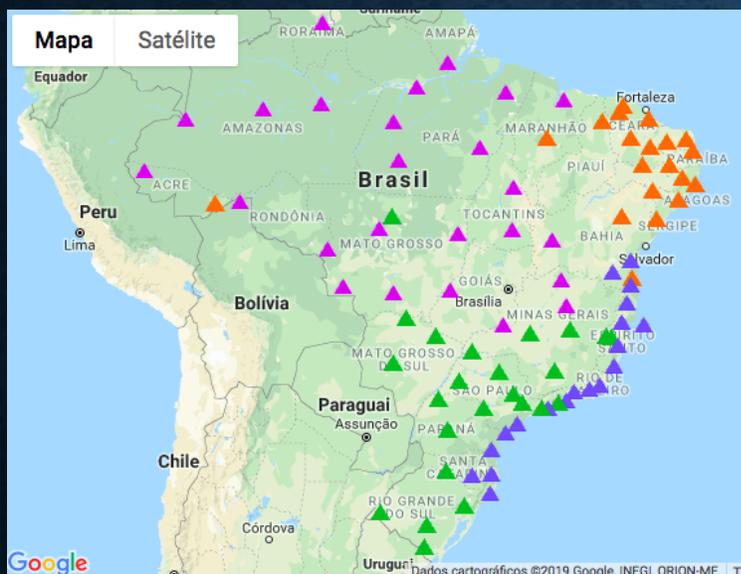
- CARACTERIZAÇÃO DO TIPO E EFICIÊNCIA DOS MECANISMOS DE RETENÇÃO DE CO₂
 - CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ÓLEO E GÁS NATURAL DO RESERVATÓRIO
 - CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE CO₂

CO₂ Adsorption at 400 PSIA



CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES GEOLOGICAS SELECIONADAS

ANÁLISE DE ESTABILIDADE TECTÔNICA DA REGIÃO DE ESTUDO

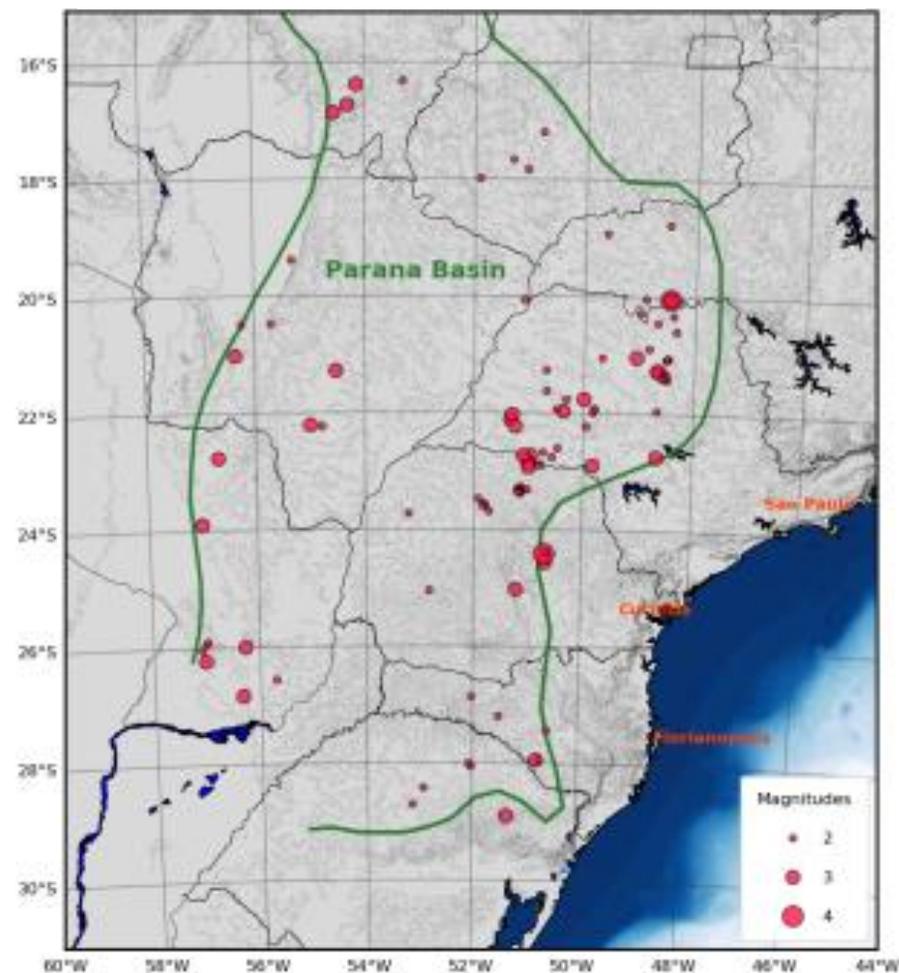


Brazilian seismographic network

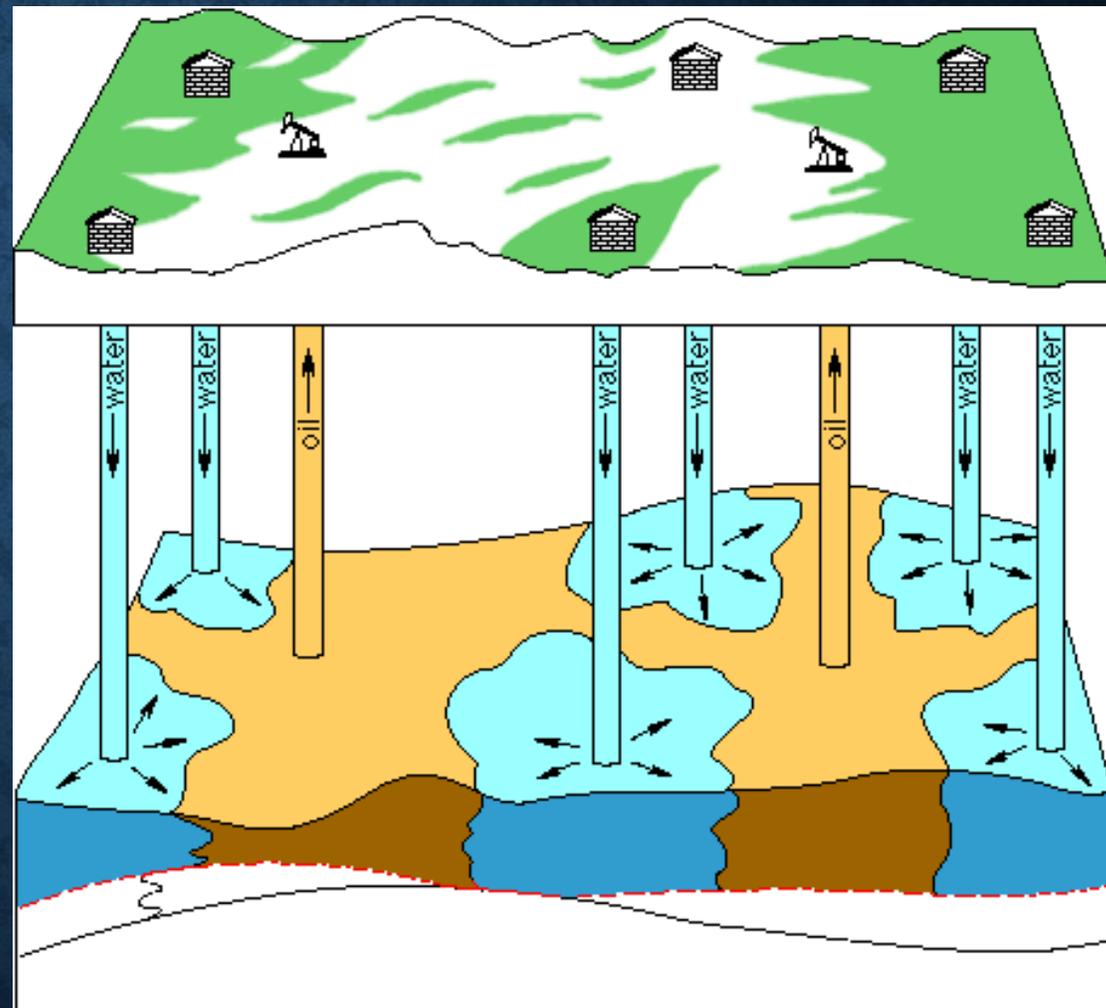
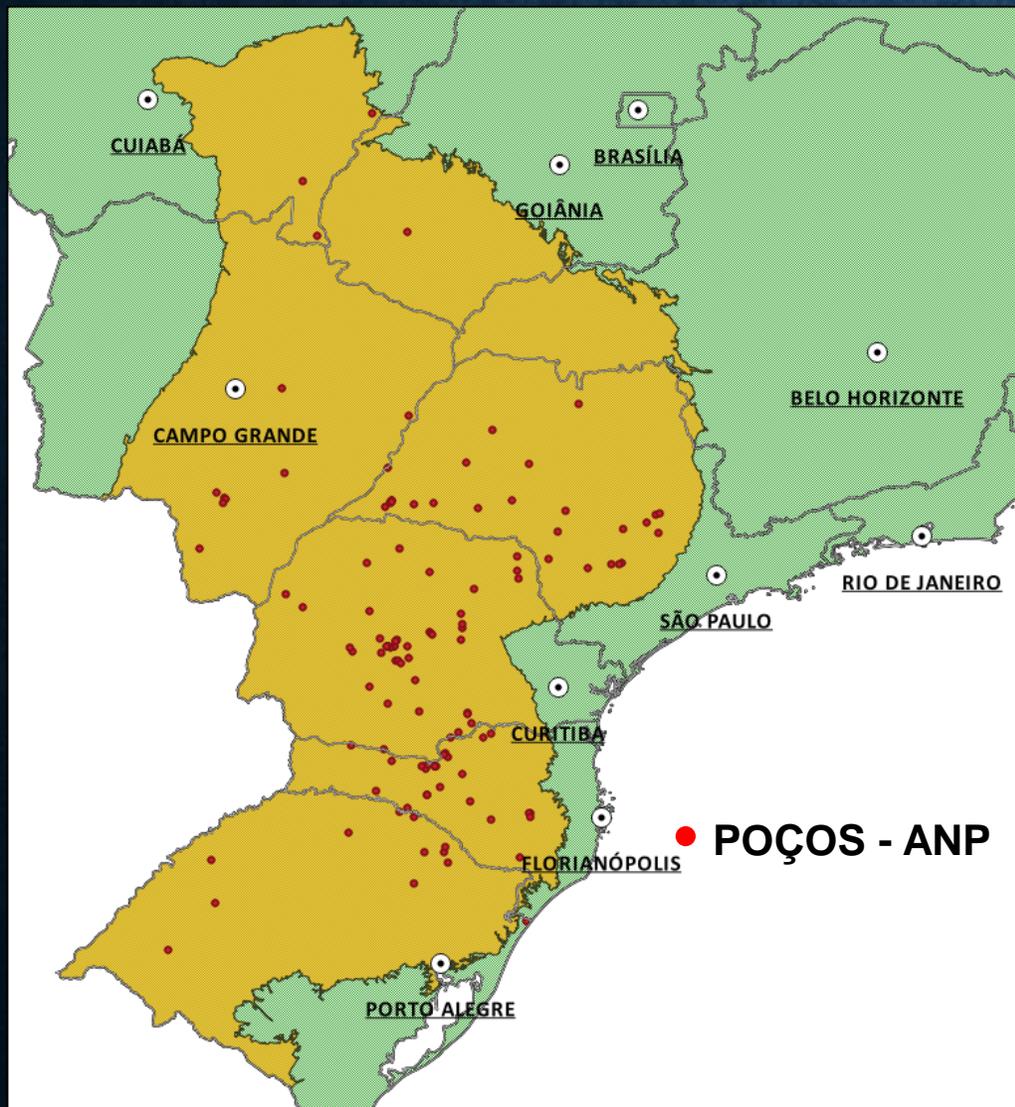


INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

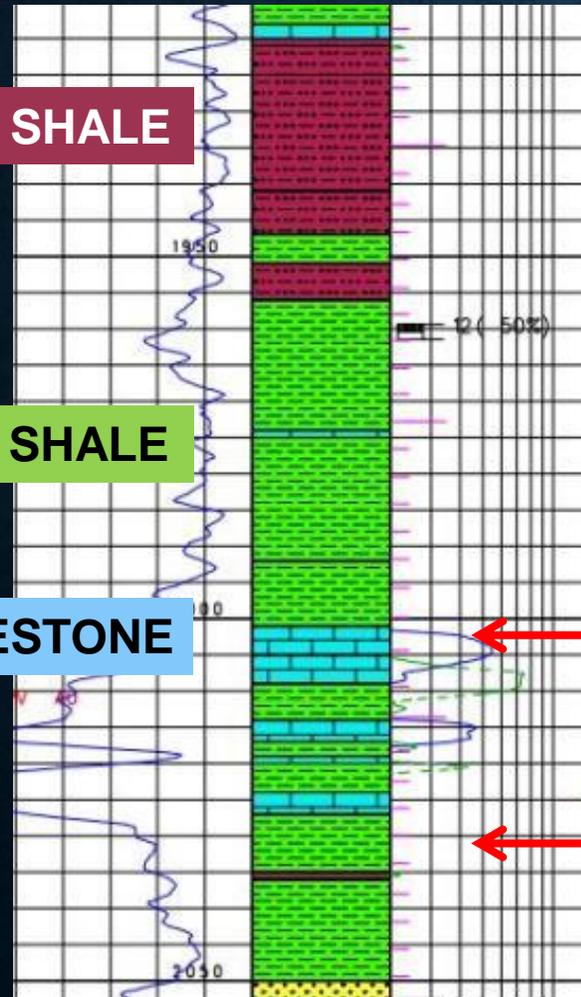
MAPA DA SISMICIDADE DA BACIA DO PARANÁ
1900 a 2019



BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA COM COORDENADAS 3D



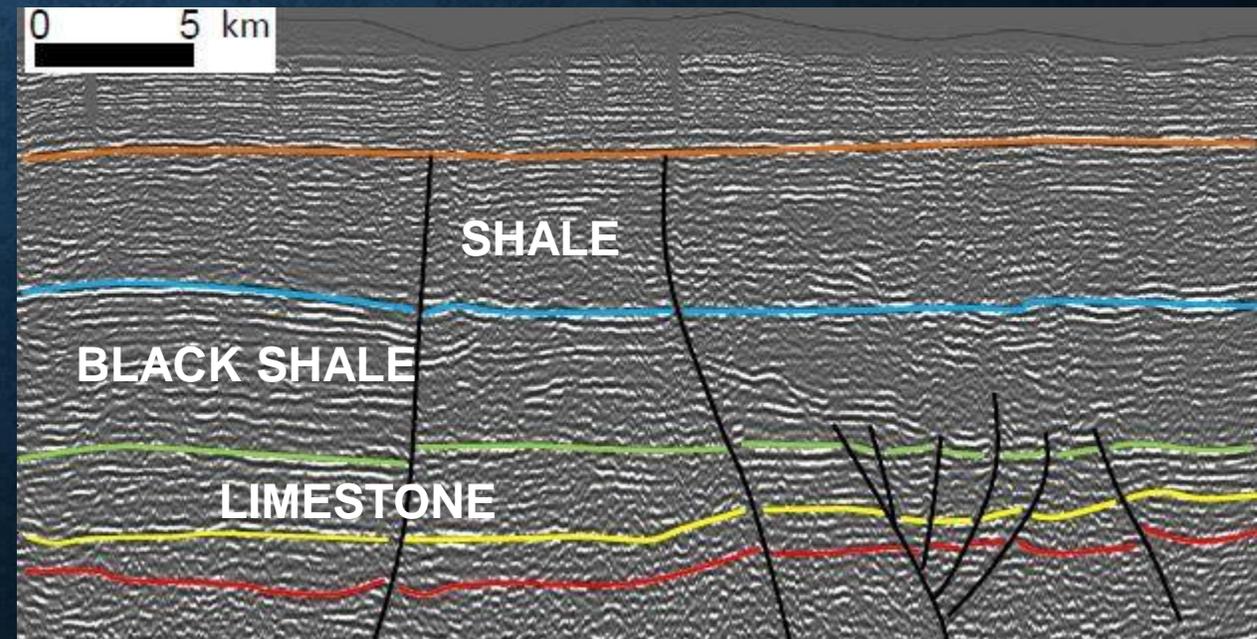
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DAS ROCHAS EM PROFUNDIDADE USANDO TESTEMUNHOS DE SONDAGENS E INFORMAÇÕES GEOFÍSICAS



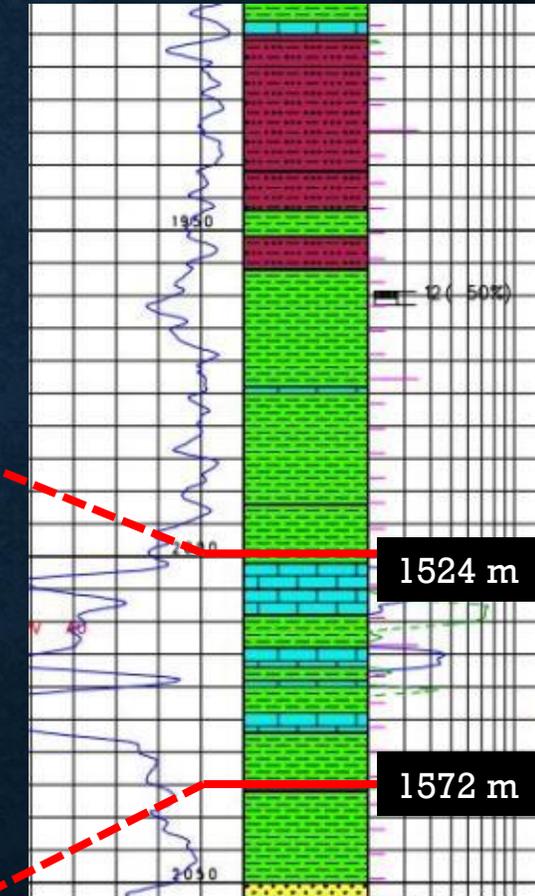
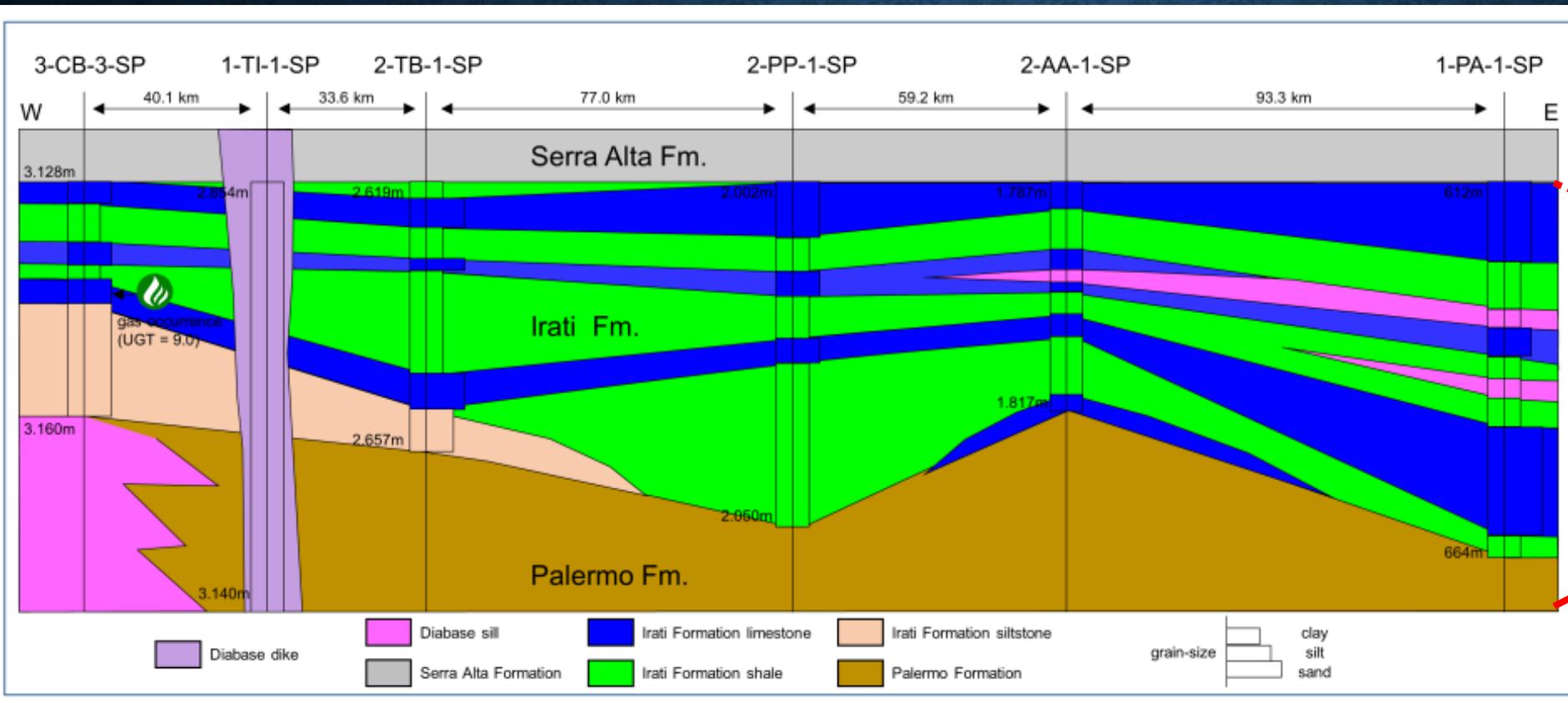
1,500 m

1,750 m

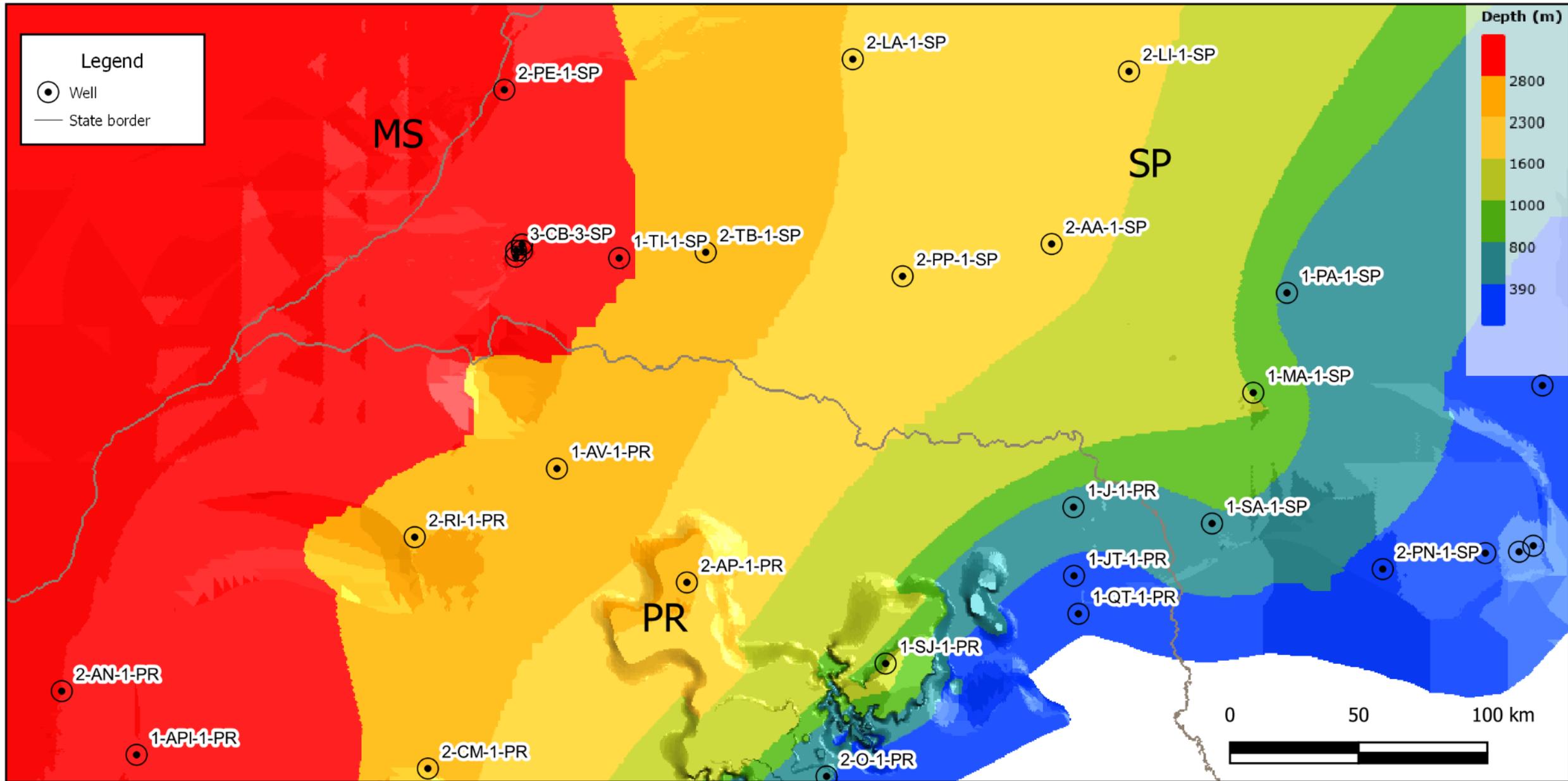
IMAGEM SÍSMICA



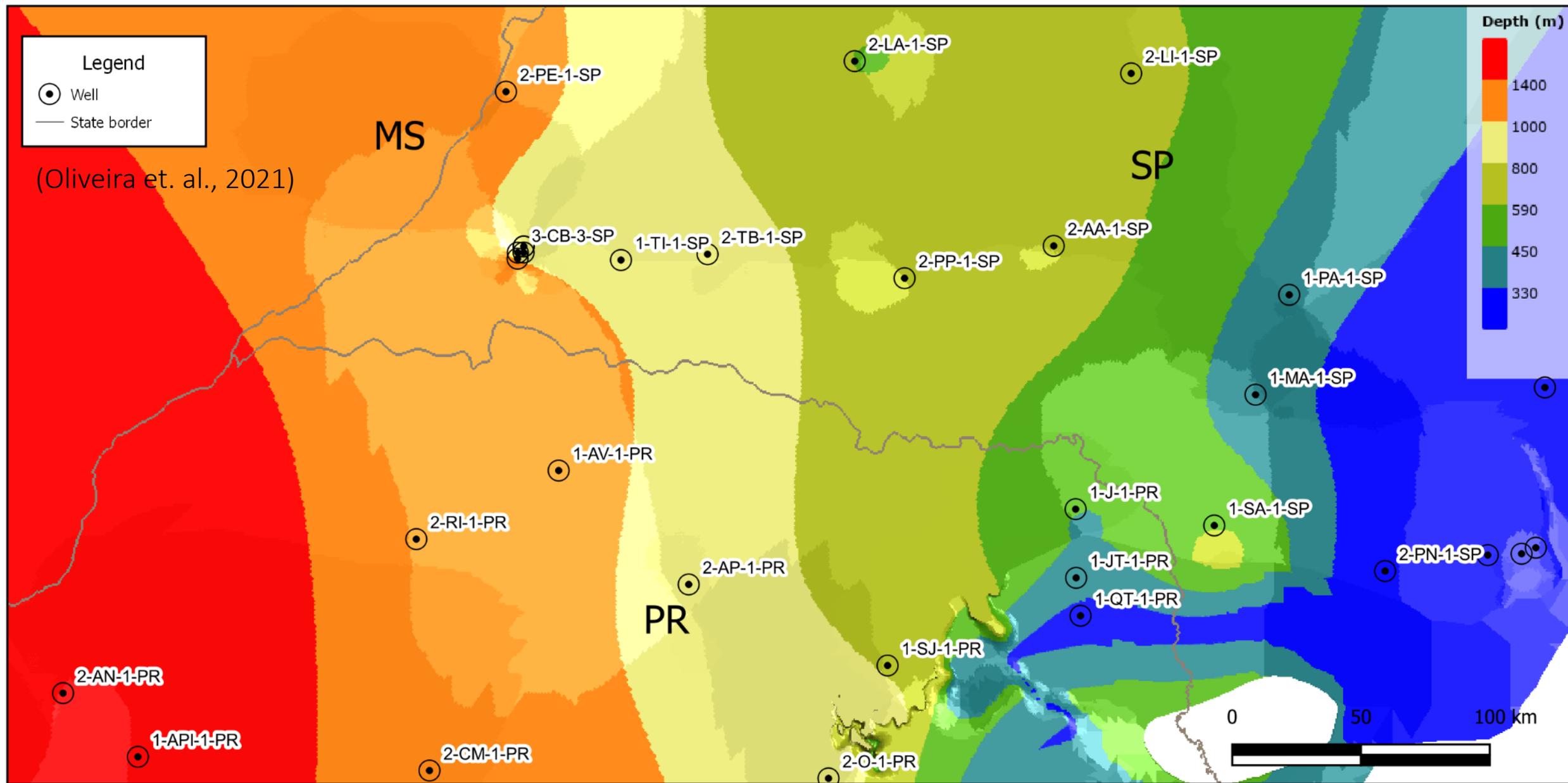
GEOLOGICAL SECTION – PARANÁ SEDIMENTARY BASIN



MAPA DE PROFUNDIDADES DA FORMAÇÃO IRATI (Oliveira et. al., 2021)



DISTÂNCIA DO TOPO DA FORMAÇÃO IRATI À BASE DO AQUÍFERO GUARANI



BASE DE DADOS

CLASSIFICAÇÃO
DAS VARIÁVEIS

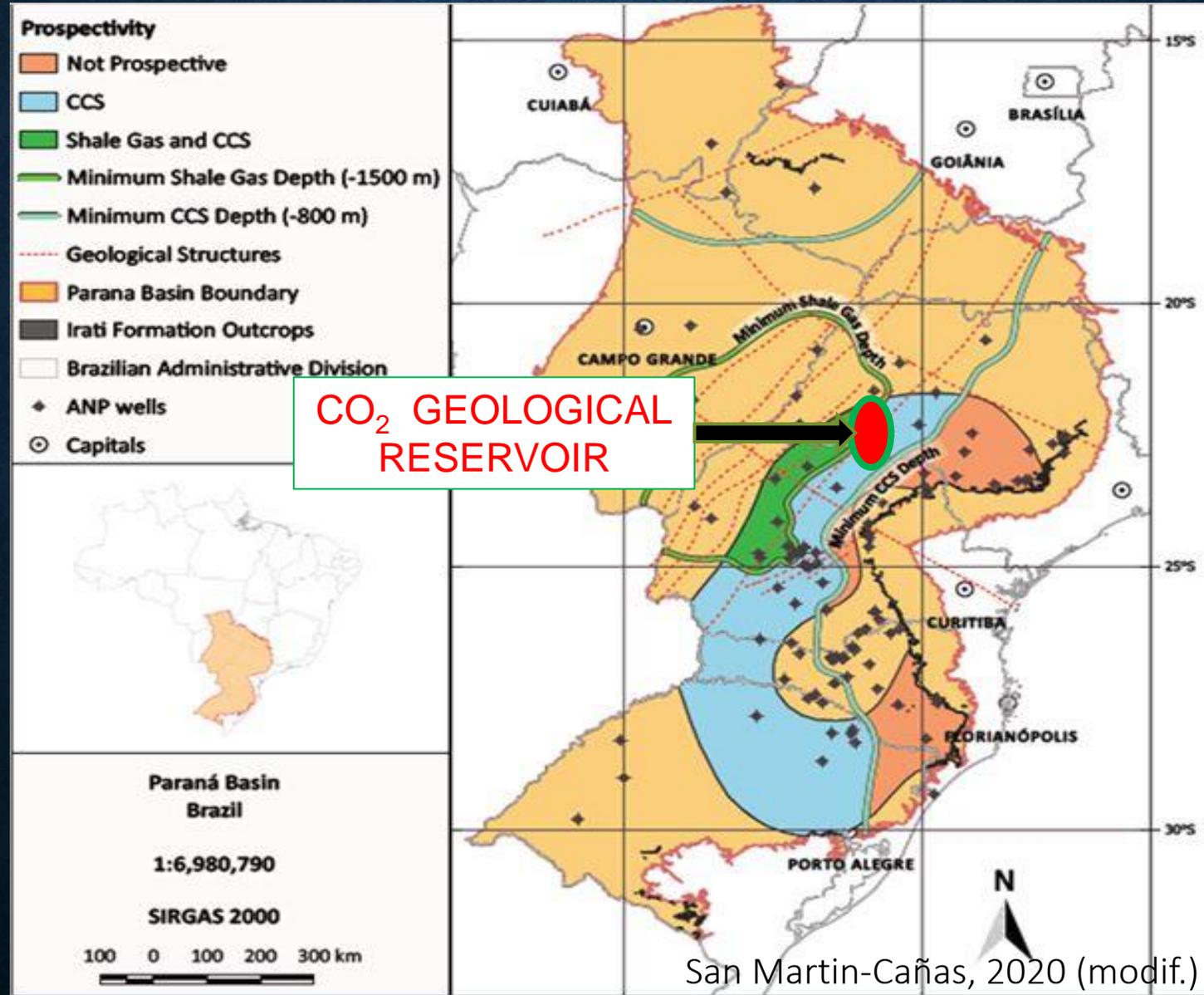
TÉCNICAS DE DATA
MINING

ALGORITMO DE
MACHINE
LEARNING

ANÁLISE ESPACIAL
DE VARIÁVEIS

MAPAS DE
PROSPECTIVIDADE

SELEÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS PARA RESERVATÓRIOS GEOLÓGICOS DE CO₂



Folhelho negro
Formação Irati
Bacia do Paraná

3D implicit modeling applied to the evaluation of CO₂ geological storage in the shales of the Irati Formation, Paraná Basin, Southeastern Brazil

Saulo B. de Oliveira , Universidade de São Paulo – IEE-USP, São Paulo, SP, Brazil

Colombo C. G. Tassinari, Universidade de São Paulo – IEE-USP, São Paulo, SP, Brazil and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq and Research Center for Gas Innovation – RCGI

Richardson M. Abraham-A., Universidade de São Paulo – IEE-USP, São Paulo, SP, Brazil

Ignacio Torresi, Seequent Limited, Santiago, Chile

RESERVATÓRIO GEOLÓGICO DE CO₂ - Fm. Irati (folhelho negro) Estado de São Paulo

Total de Emissões na Região = 3,5 milhões t CO₂ / ano
13 Usinas Térmicas com Biomassa (raio 75 Km); capacidade instalada 562 MW

Legend

- 1 - Bauru Gr.
- 2 - Serra Geral Fm.
- 3 - Botucatu Fm.
- 4 - Piramboia Fm.
- 5 - Rio do Rasto Fm.
- 6 - Teresina Fm.
- 7 - Serra Alta Fm.
- 8 - Irati Fm.
- 9 - Palermo Fm.
- 10 - Rio Bonito Fm.
- 11 - Itararé Gr.
- 12 - Paraná Gr.

Diabase dike

CO₂ reservoir in
Irati Formation

Capacidade Estimada: 1,85 Gt CO₂

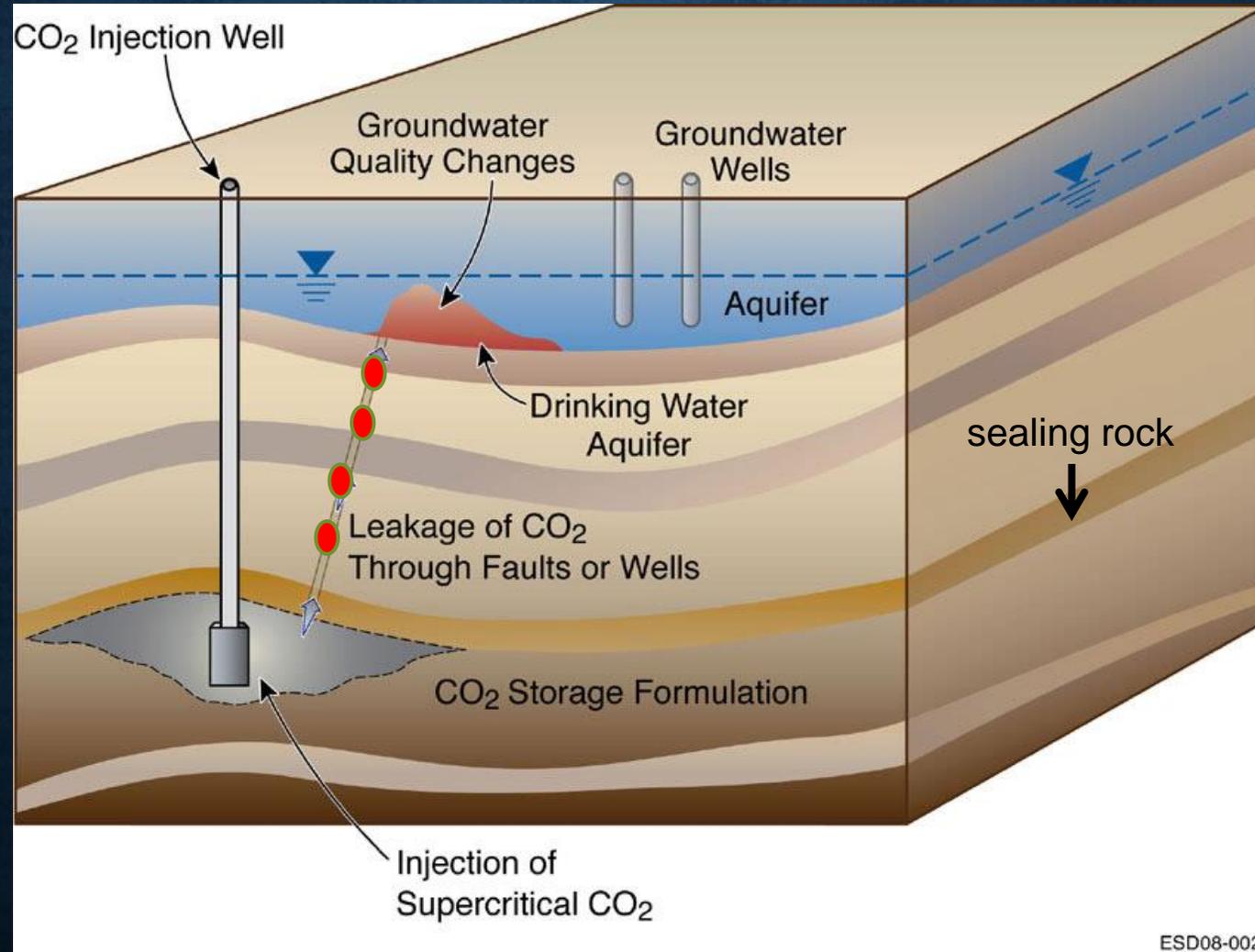
0 25000 50000 75000

(Oliveira et. al., 2021), modificado

SEGURANÇA DE RESERVATÓRIOS GEOLÓGICOS DE CO₂

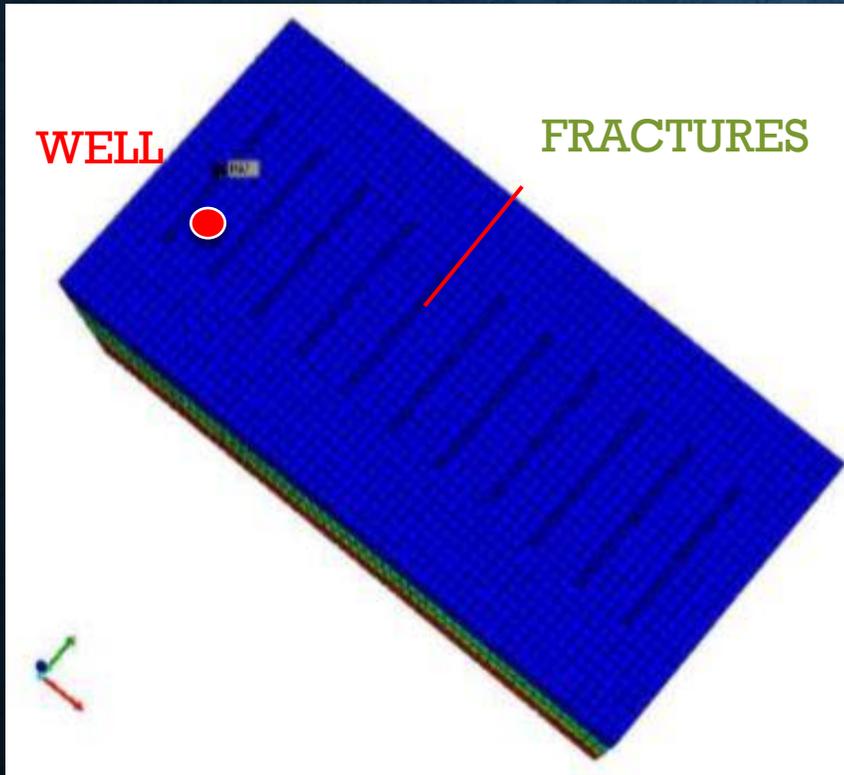
ESCAPE DE CO₂

FATORES GEOLÓGICOS DE RISCO



SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE RESERVATÓRIO COM GEM/CMG SOFTWARE

ESTUDOS CONSIDERANDO ARMAZENAMENTO DE CO₂ COM RECUPERAÇÃO DE CH₄



Masulino, 2020

Módulo considerado 1,200 x 600 x 40 m
Poço injetor com 1500 m de profundidade e
1000 m na horizontal
(11 estágios de fraturamento)

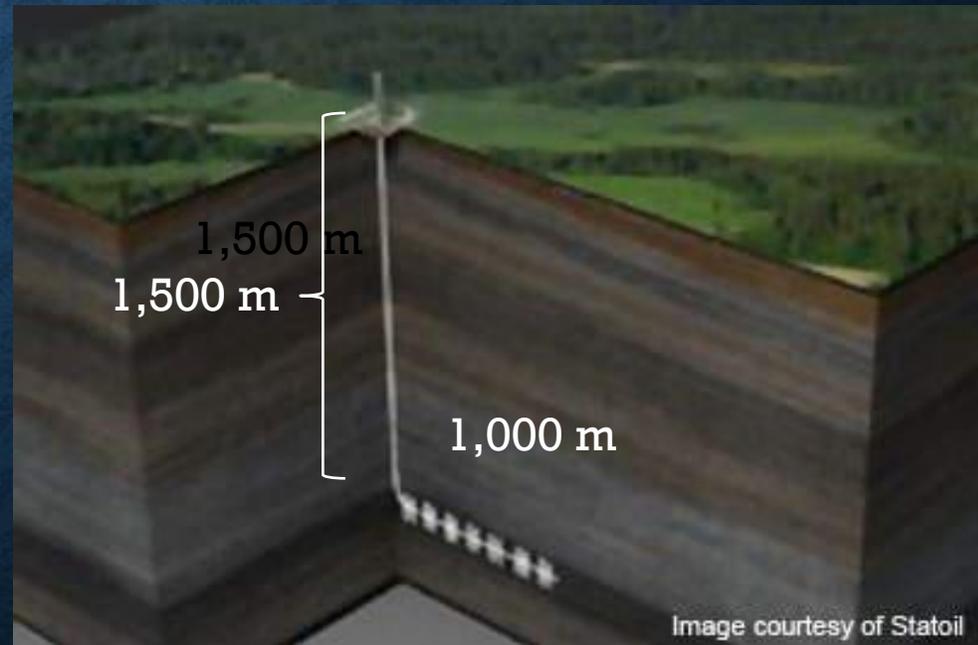
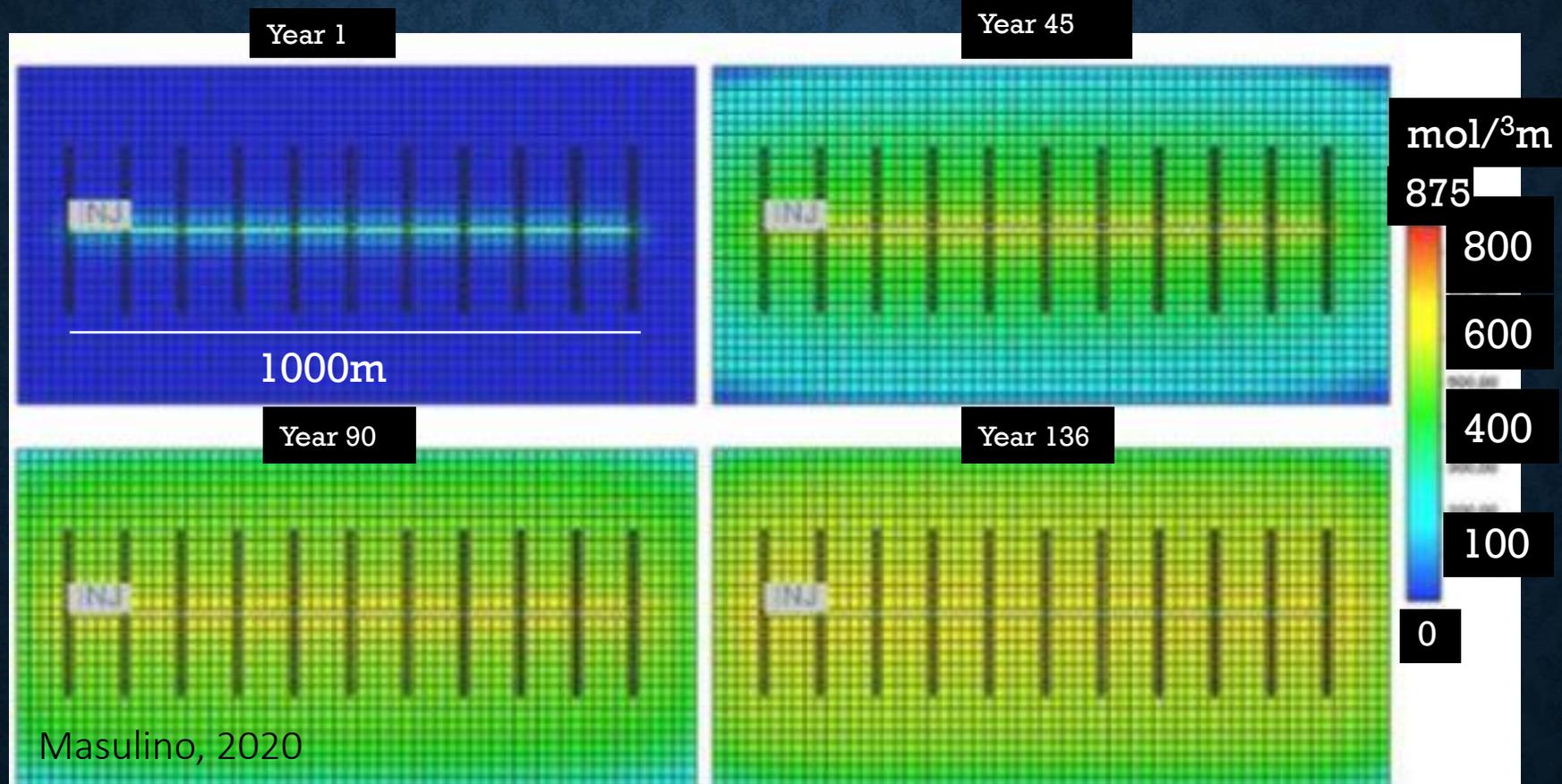


Image courtesy of Statoil

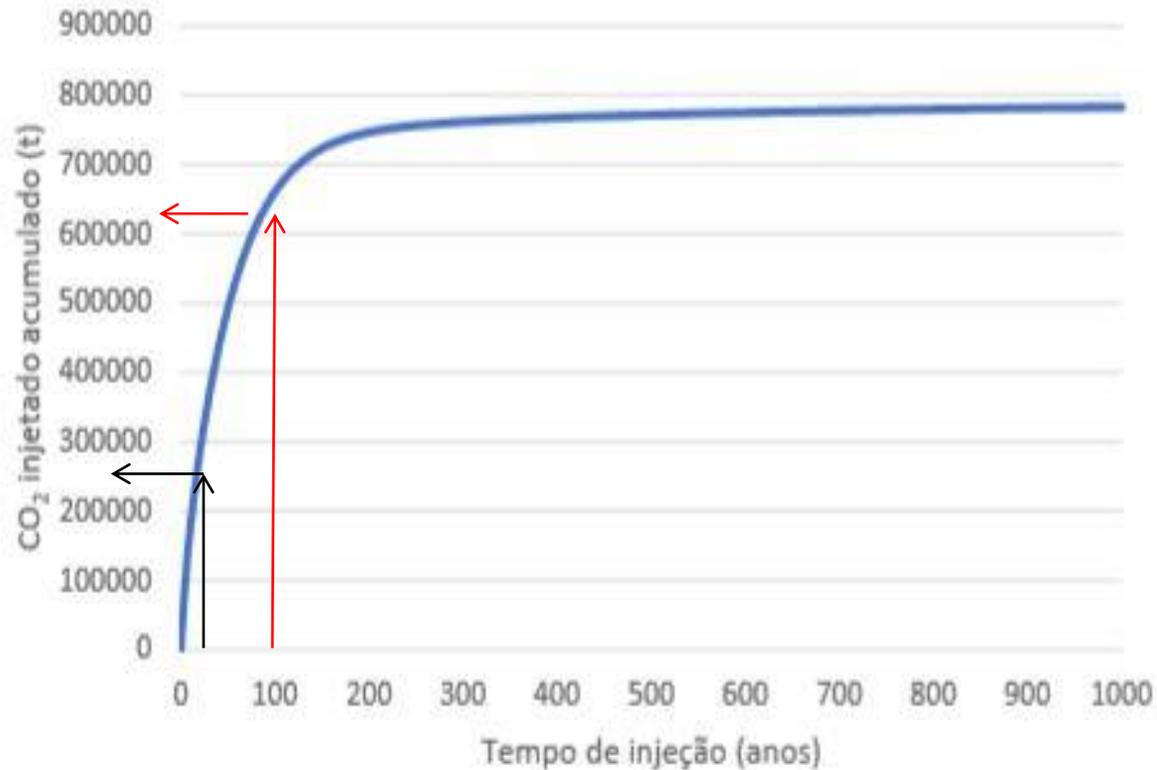
EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DO CO₂ EM ANOS SELECIONADOS



Plano da camada de rocha 2 com o poço injetor
Mostrando a concentração de CO₂ por volume mol/³m

INJEÇÃO DE CO₂

CO₂ tonnes



QUANTIDADE TOTAL de CO₂
INJECTADA EM 1000 ANOS

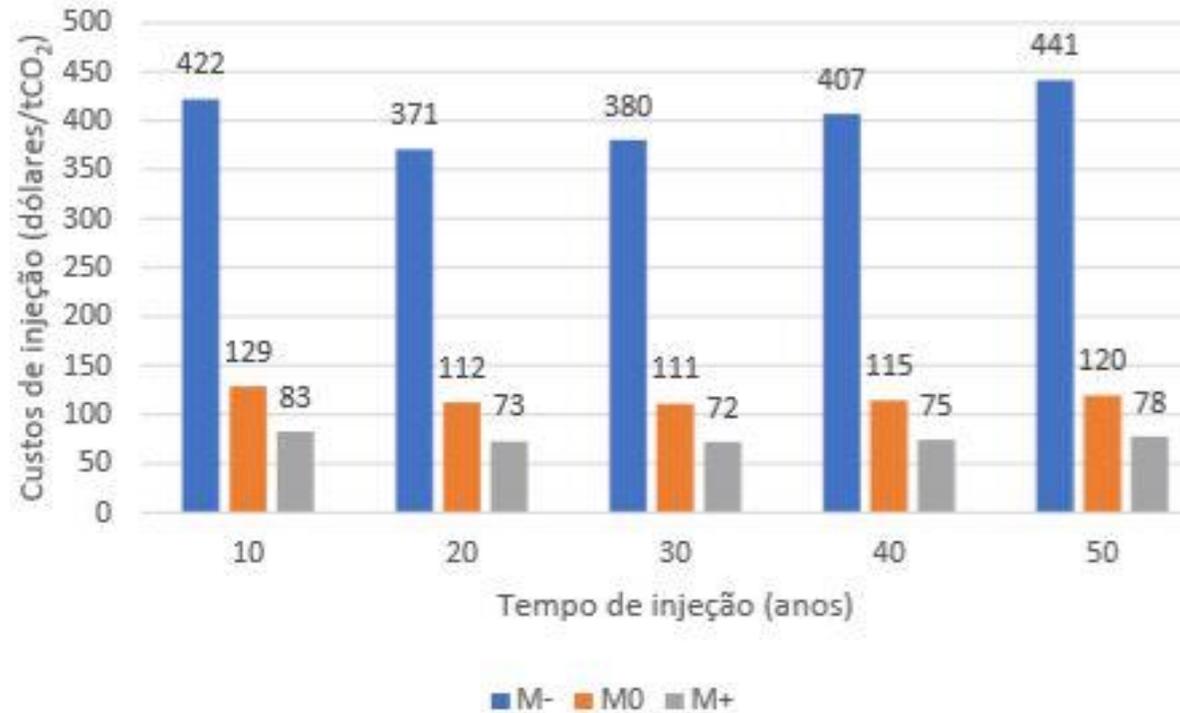
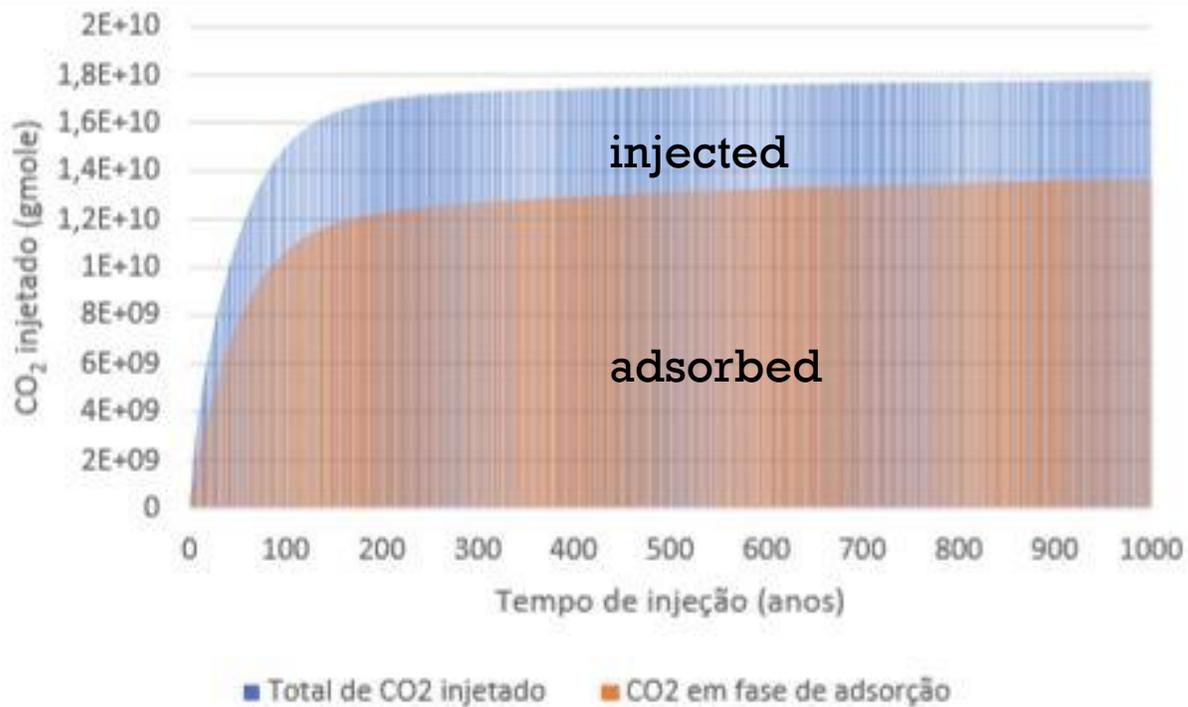
783.000 tonnes

Masulino, 2020



DECLÍNIO DA INJEÇÃO DE CO₂
A CADA 10 ANOS

Masulino, 2020



Quantidade total de CO₂ que pode ser injetada= 783,000 t
Na célula considerada

77% retido por absorção (Masulino, 2020)

Custos de injeção
para 10 a 50 anos

72 a 129 US\$/t CO₂

(Masulino, 2020)

CONTATO

Prof. Dr. Colombo Celso Gaeta Tassinari
Instituto de Energia e Ambiente
Universidade de São Paulo

Email: ccgtassi@usp.br