

IMPORTÂNCIA DAS TECNOLOGIAS CCS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA e POTENCIAL PARA DESCARBONIZAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO

COLOMBO CELSO GAETA TASSINARI

ccgtassi @ usp.br

Centro de Pesquisas em Armazenamento Geológico de CO₂

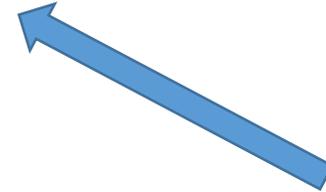
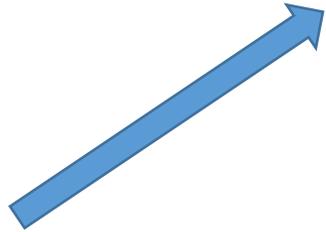
Instituto de Energia e Ambiente

Universidade de São Paulo

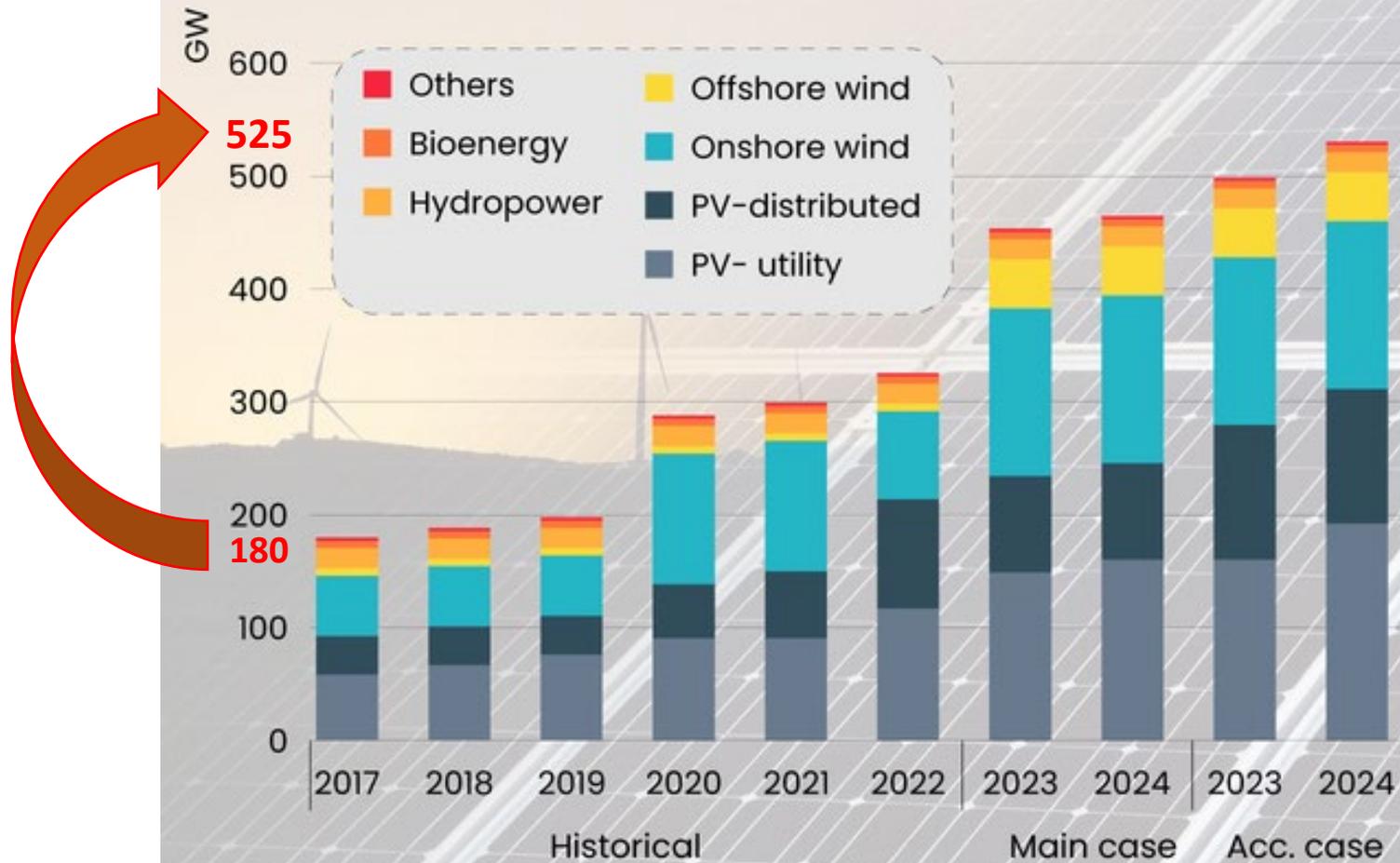
ENERGÉTICA

TRANSIÇÃO

SEGURA

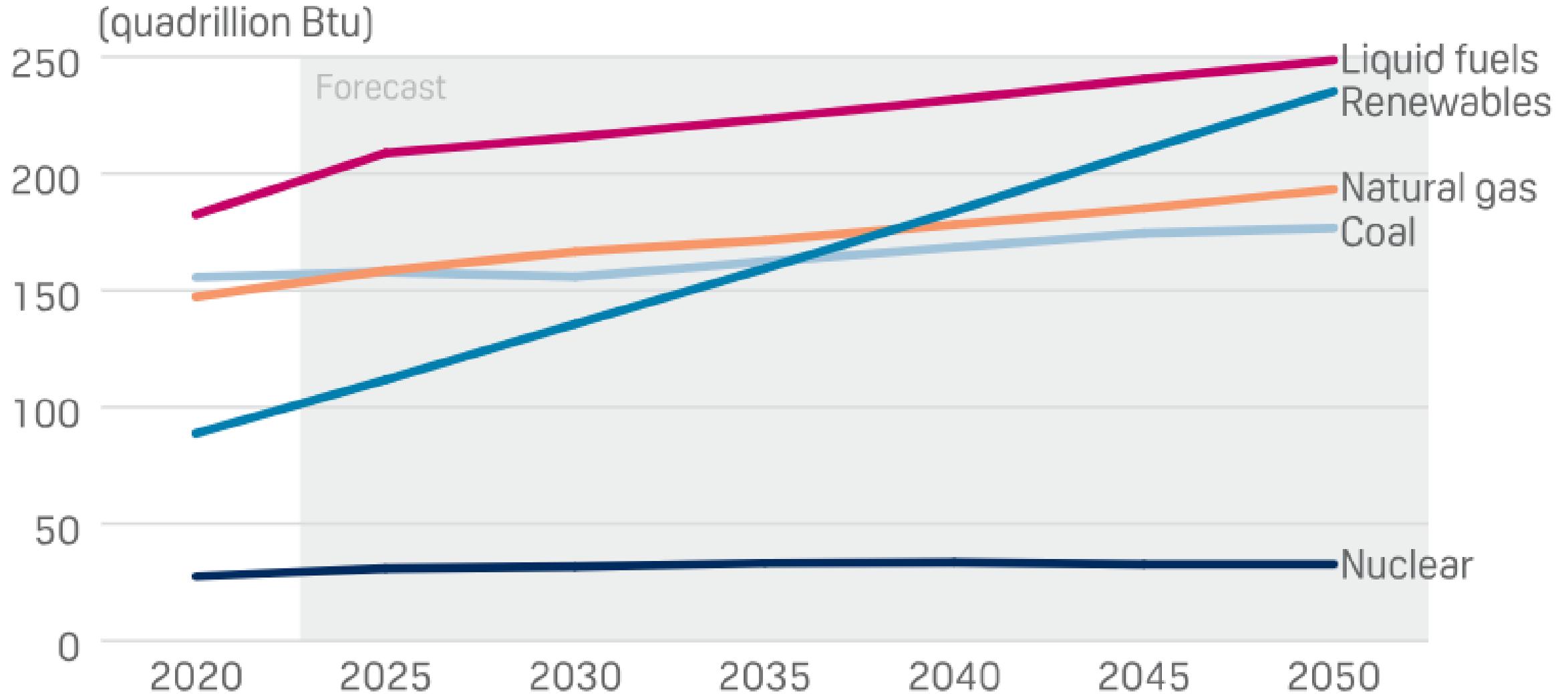


Distribution Of Renewable Energy Sources In 2024



Source: IEA

GLOBAL OIL DEMAND TO GROW THROUGH 2050 DESPITE SURGING RENEWABLES

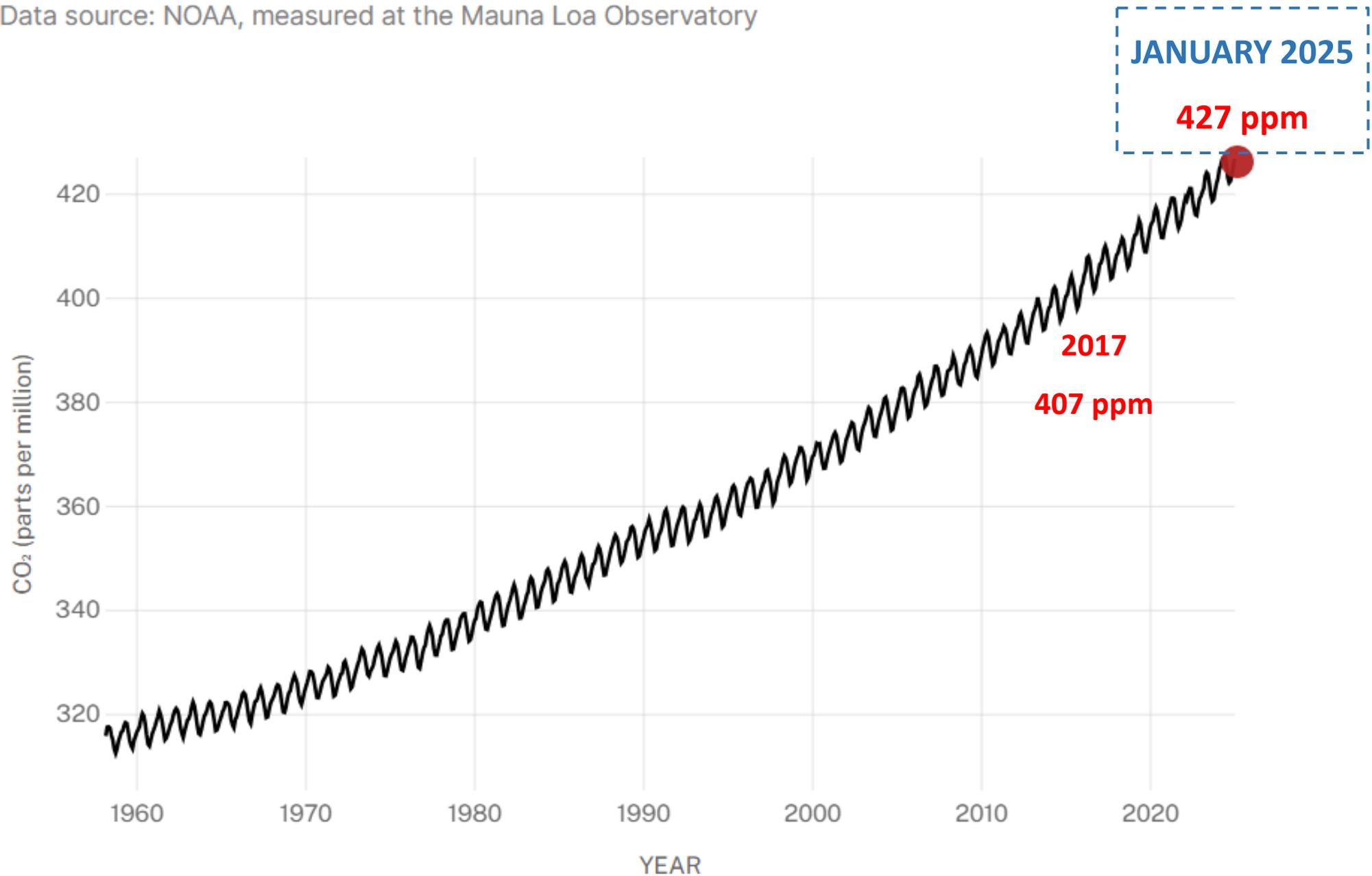


Source: US Energy Information Administration



DIRECT MEASUREMENTS: 1958-PRESENT (GLOBAL CO₂ CONCENTRATION IN THE ATMOSPHERE)

Data source: NOAA, measured at the Mauna Loa Observatory



PRODUÇÃO DA MATÉRIA PRIMA PARA A FABRICAÇÃO DE MATRIZ ENERGÉTICA LIMPA

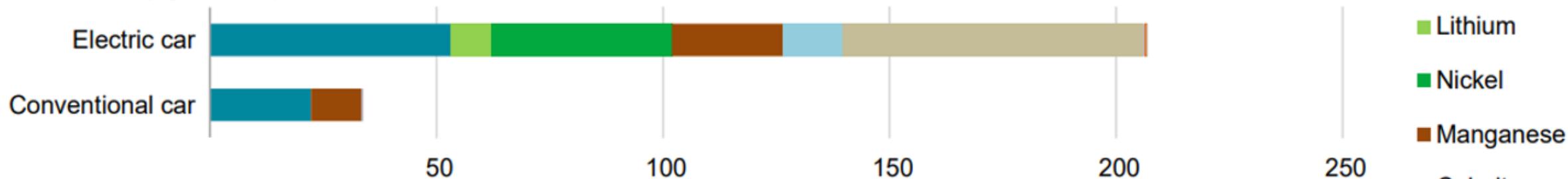
REQUER MUITA EXTRAÇÃO E TRATAMENTO DE MINÉRIO, QUE EXIGE O USO DE MUITA ENERGIA

PROVENIENTE PRINCIPALMENTE DE USINAS TERMELÉTRICAS DE CARVÃO E PETRÓLEO

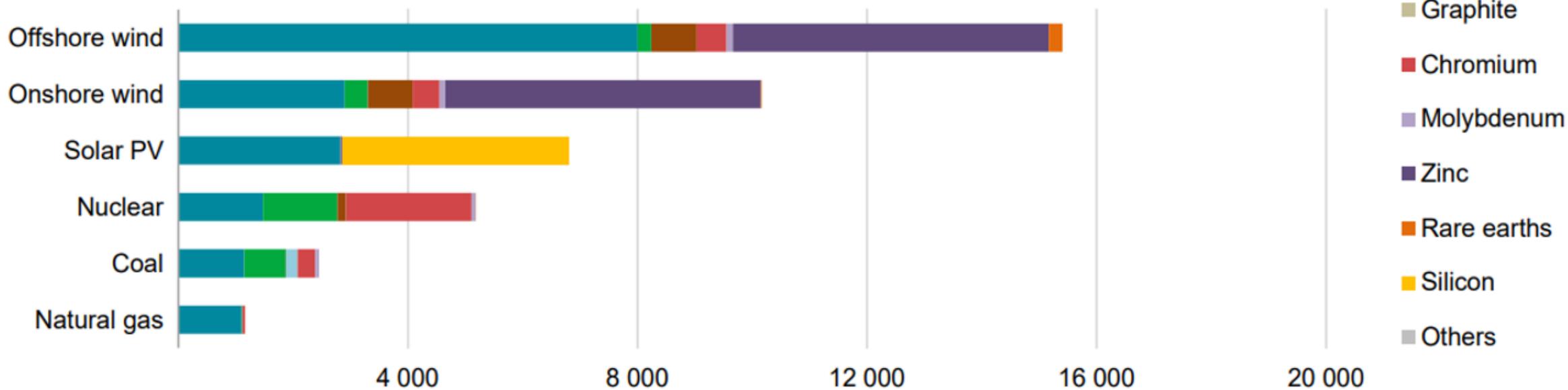


METAIS USADOS EM TECNOLOGIAS DE ENERGIA LIMPA SELECIONADAS

Transport (kg/vehicle)



Power generation (kg/MW)





EXISTE A NECESSIDADE DE DESCARBONIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA
DA MATERIA PRIMA PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS E ELETRIFICAÇÃO



Usina termelétrica de Jänschwalde, na Alemanha



Indústria siderúrgica, Volta Redonda, RJ

transição energética segura

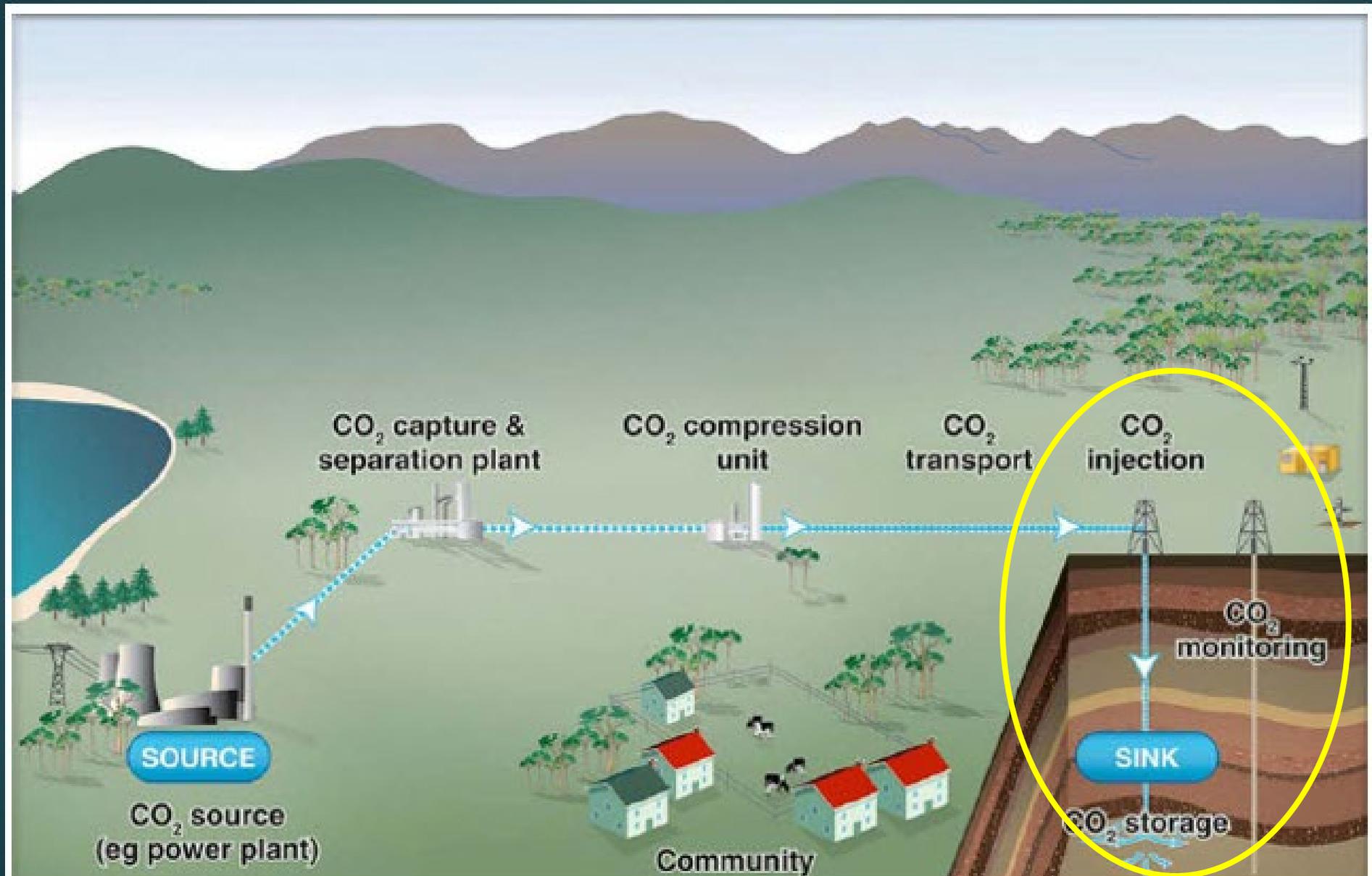
TECNOLOGIAS DE CCS

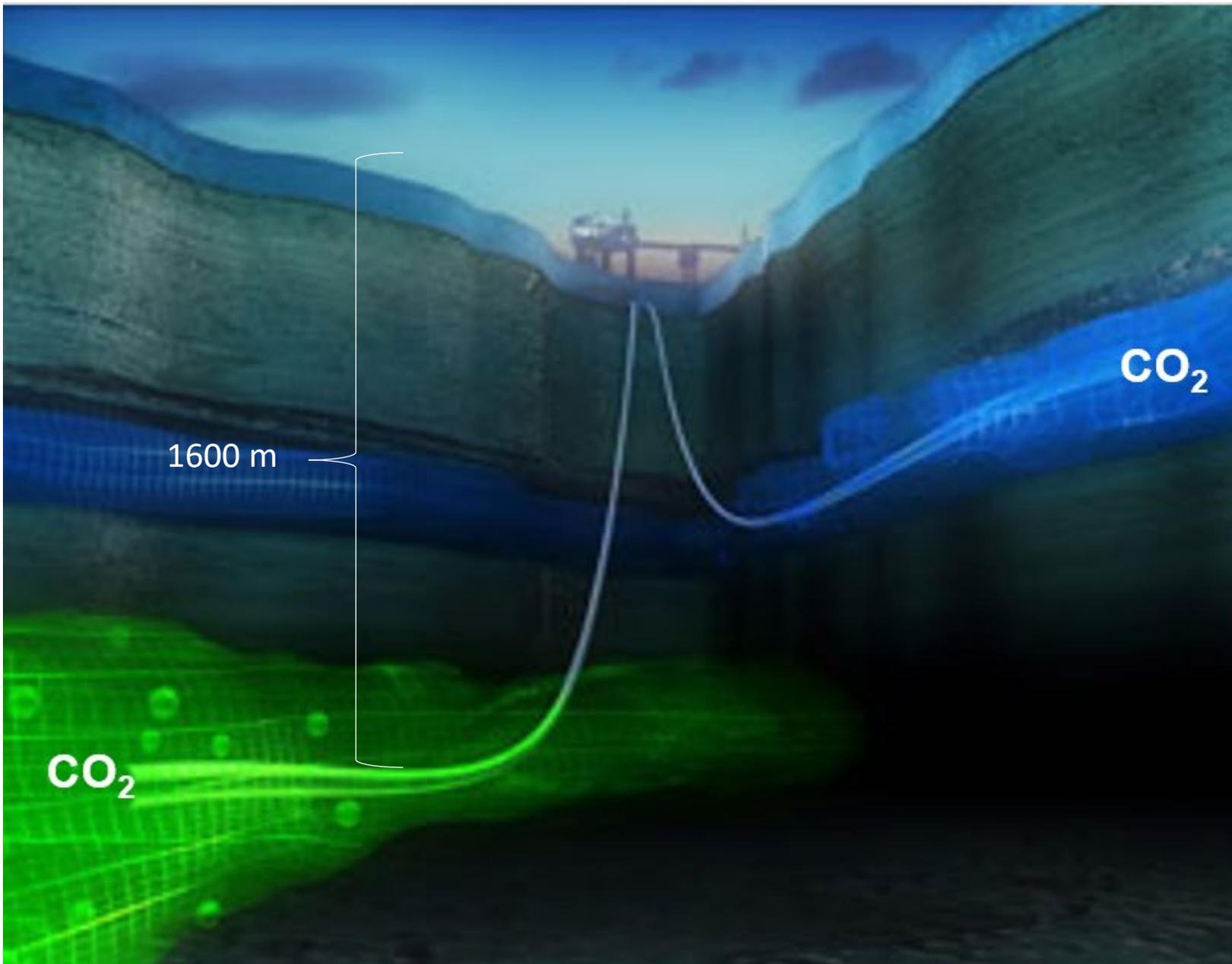


CARBON, CAPTURE and STORAGE
é parte da solução



TECNOLOGIA CCS – CARBON, CAPTURE and STORAGE



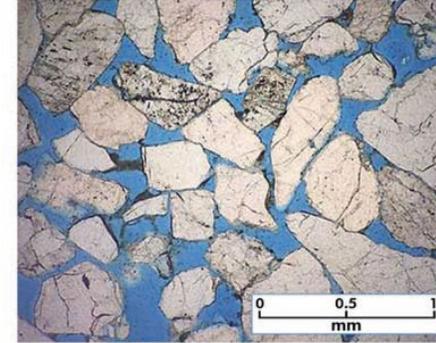


RESERVATÓRIOS GEOLÓGICOS PARA CO₂

- Técnicamente viáveis
- Ambientalmente seguros
- Socialmente aceitáveis
- Econômicos

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE ROCHAS PARA USO COMO RESERVATÓRIO DE CO₂

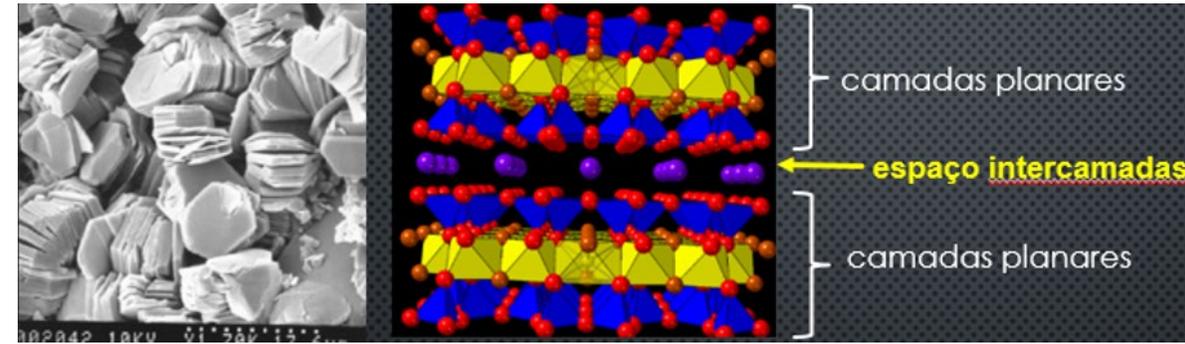
1 – Espaços vazios para conter CO₂ e Condições para a pluma de CO₂ se movimentar: POROSIDADE E PERMEABILIDADE



2 – Capacidade de reter CO₂ por longo tempo

Adsorção química e física; Retenção residual;

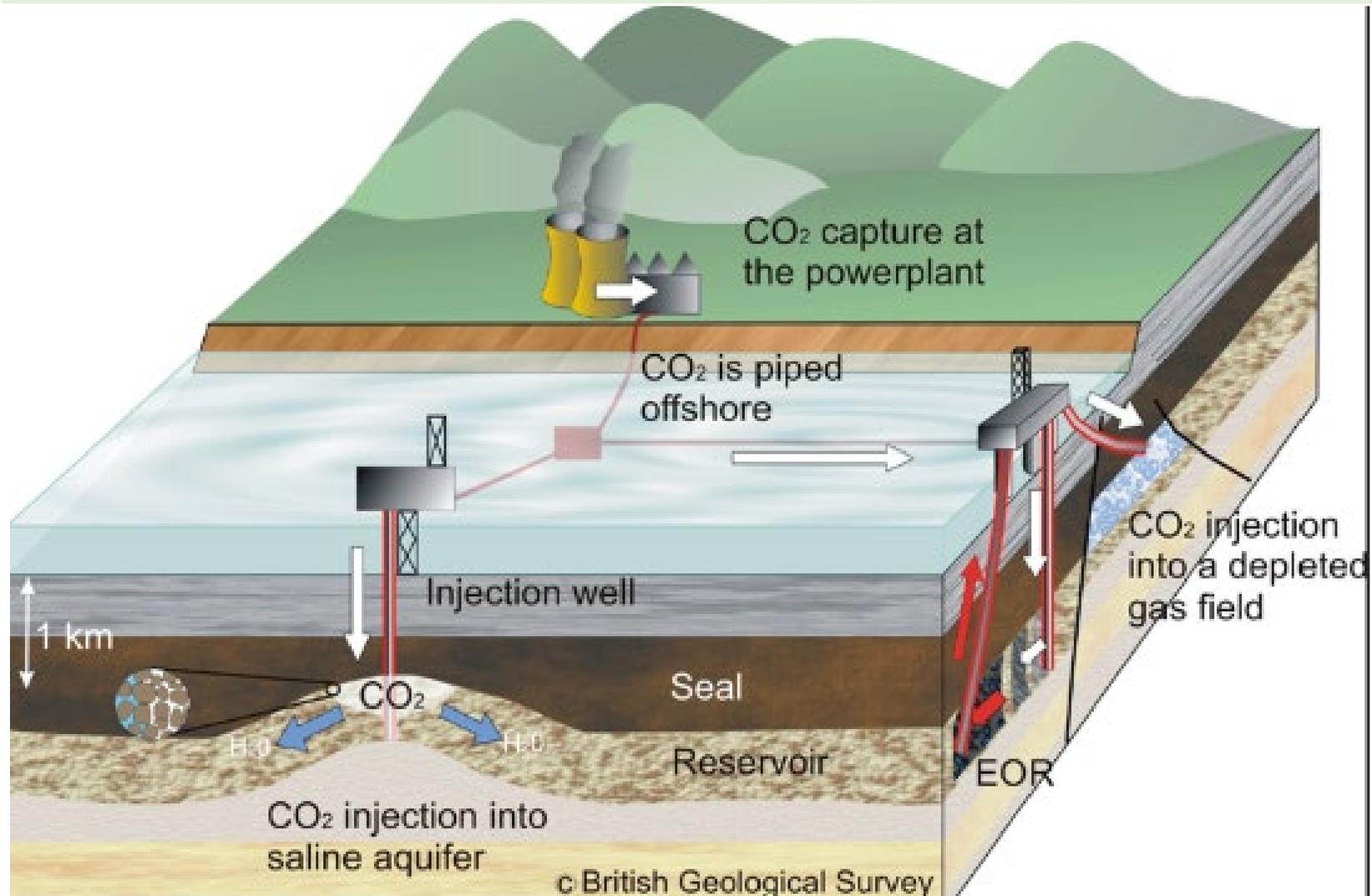
Estruturas geológicas; Solubilização e Mineralização



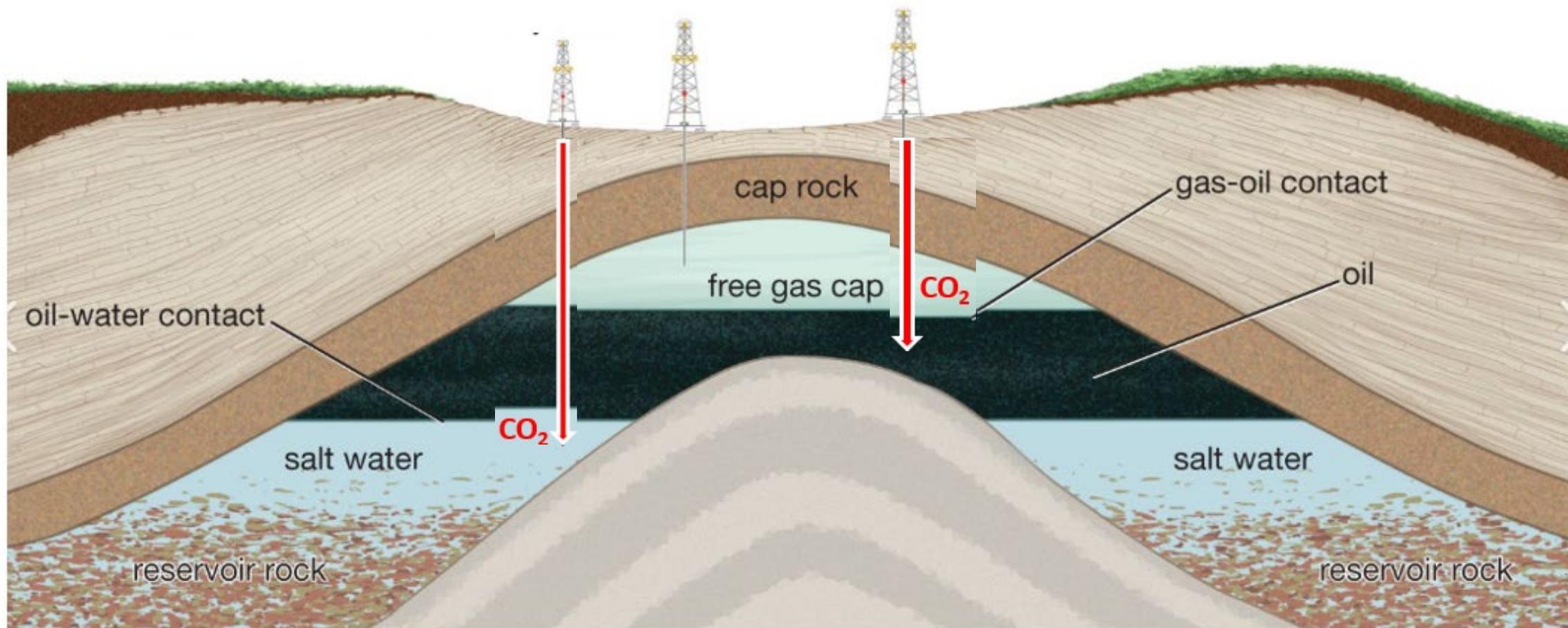
3 – Volume e Profundidade adequados para armazenar em segurança grandes quantidades de CO₂, compatíveis com as emissões de GHG



TIPOS DE POTENCIAIS DE RESERVATÓRIOS GEOLÓGICOS PARA CO₂



CAMPOS EXHAURIDOS DE PETROLEO + AQUÍFERO SALINO



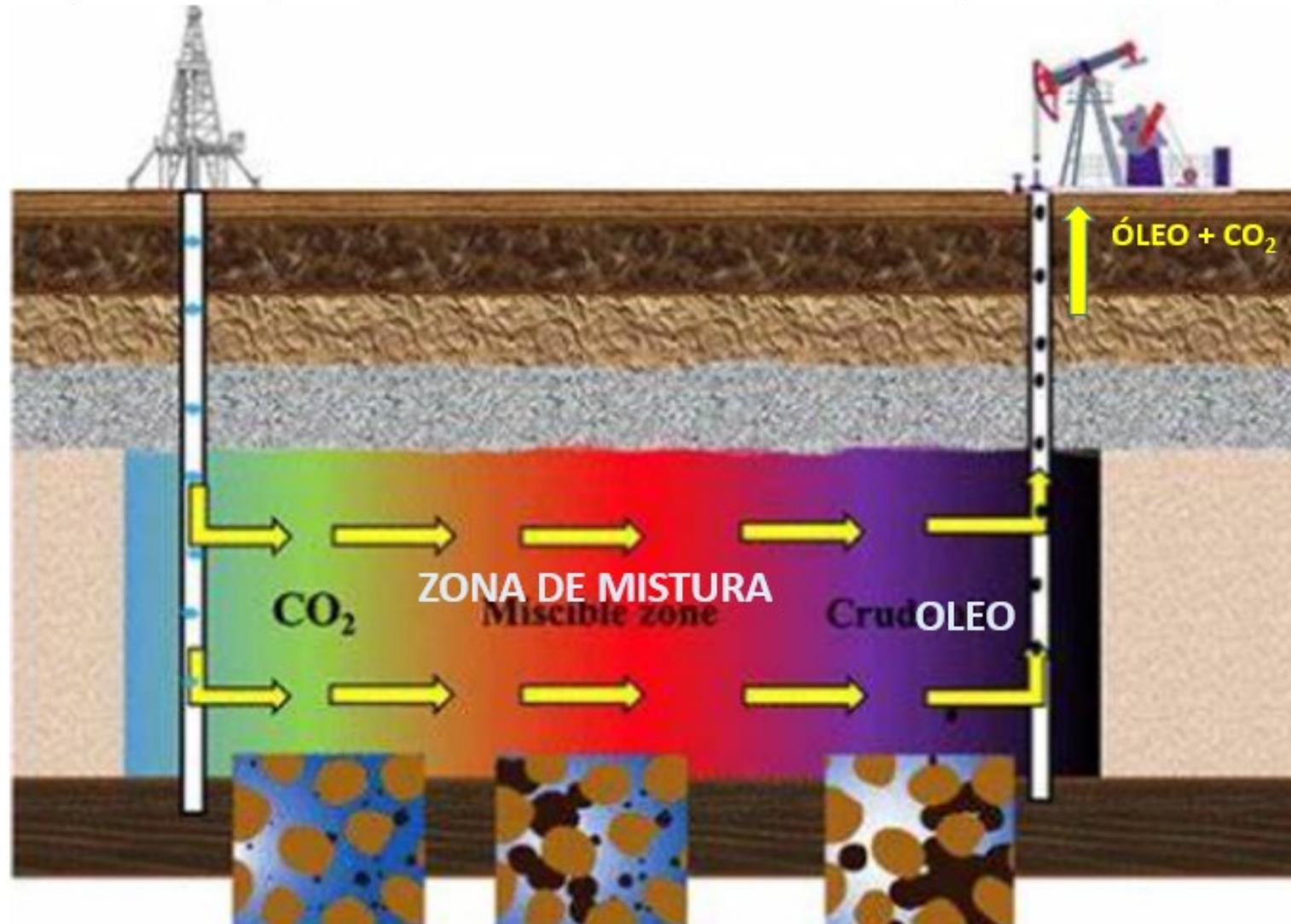
© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

Modificado

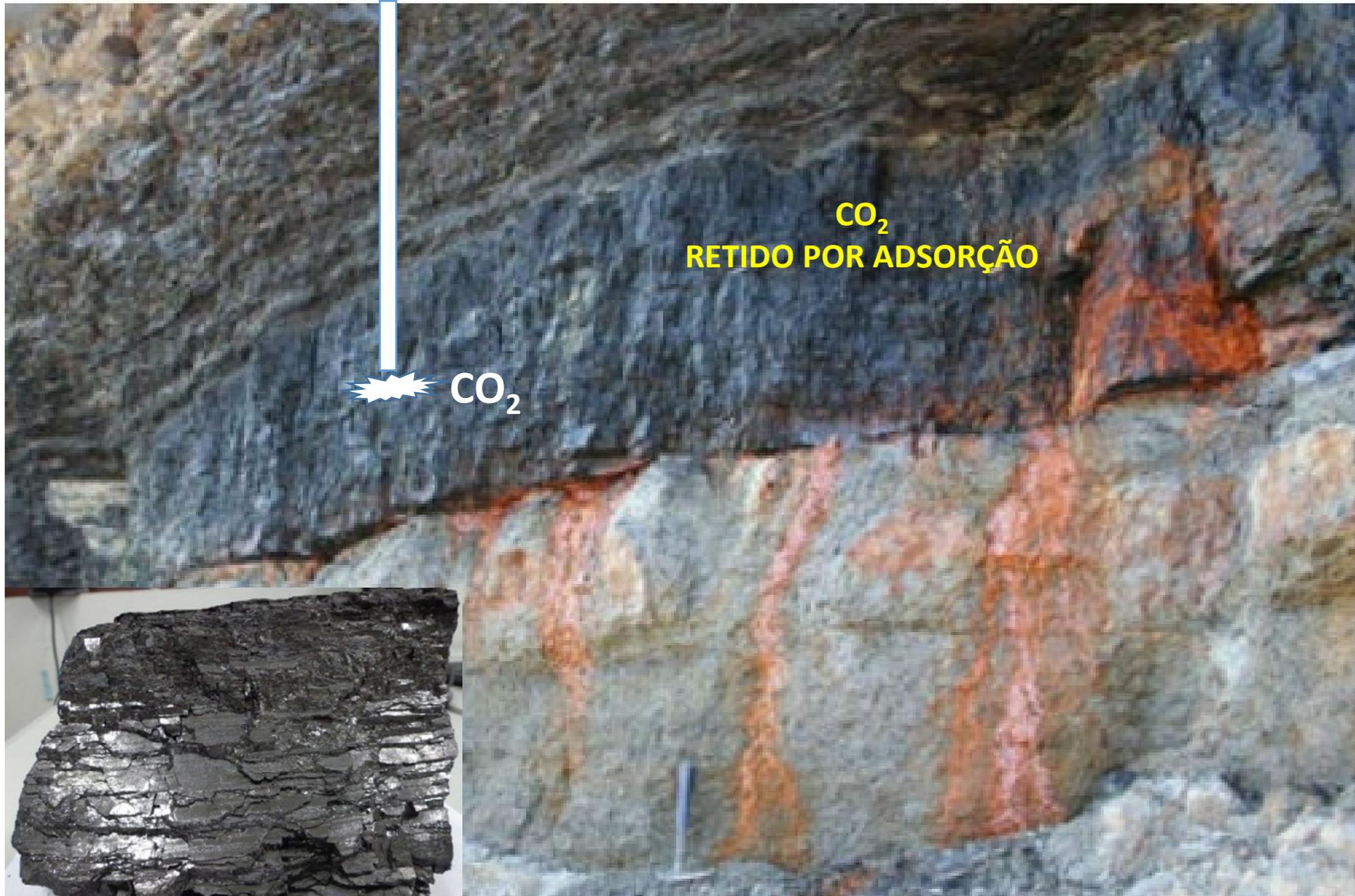
A QUESTÃO DA RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO

POÇO DE INJEÇÃO

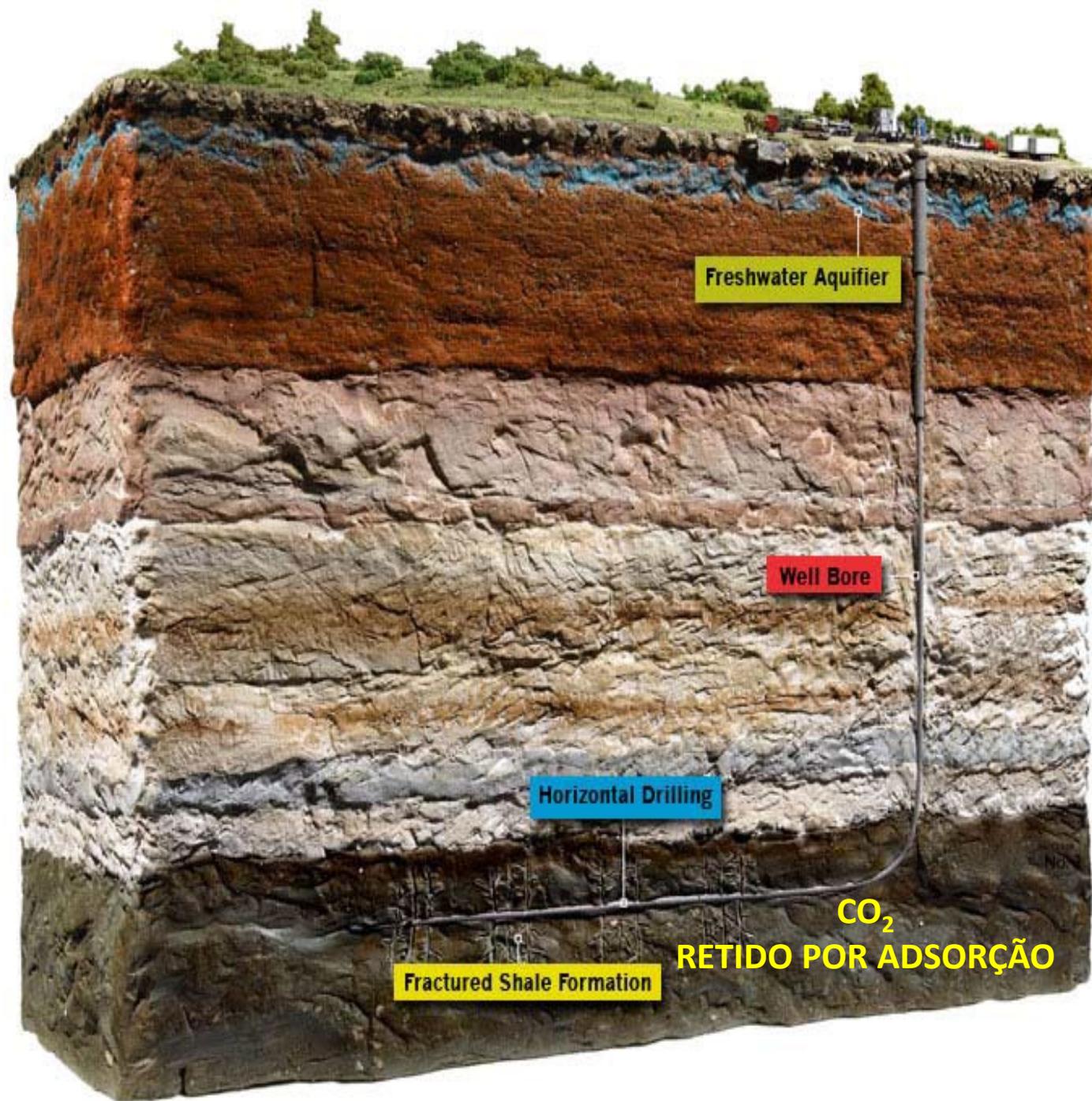
POÇO DE PRODUÇÃO

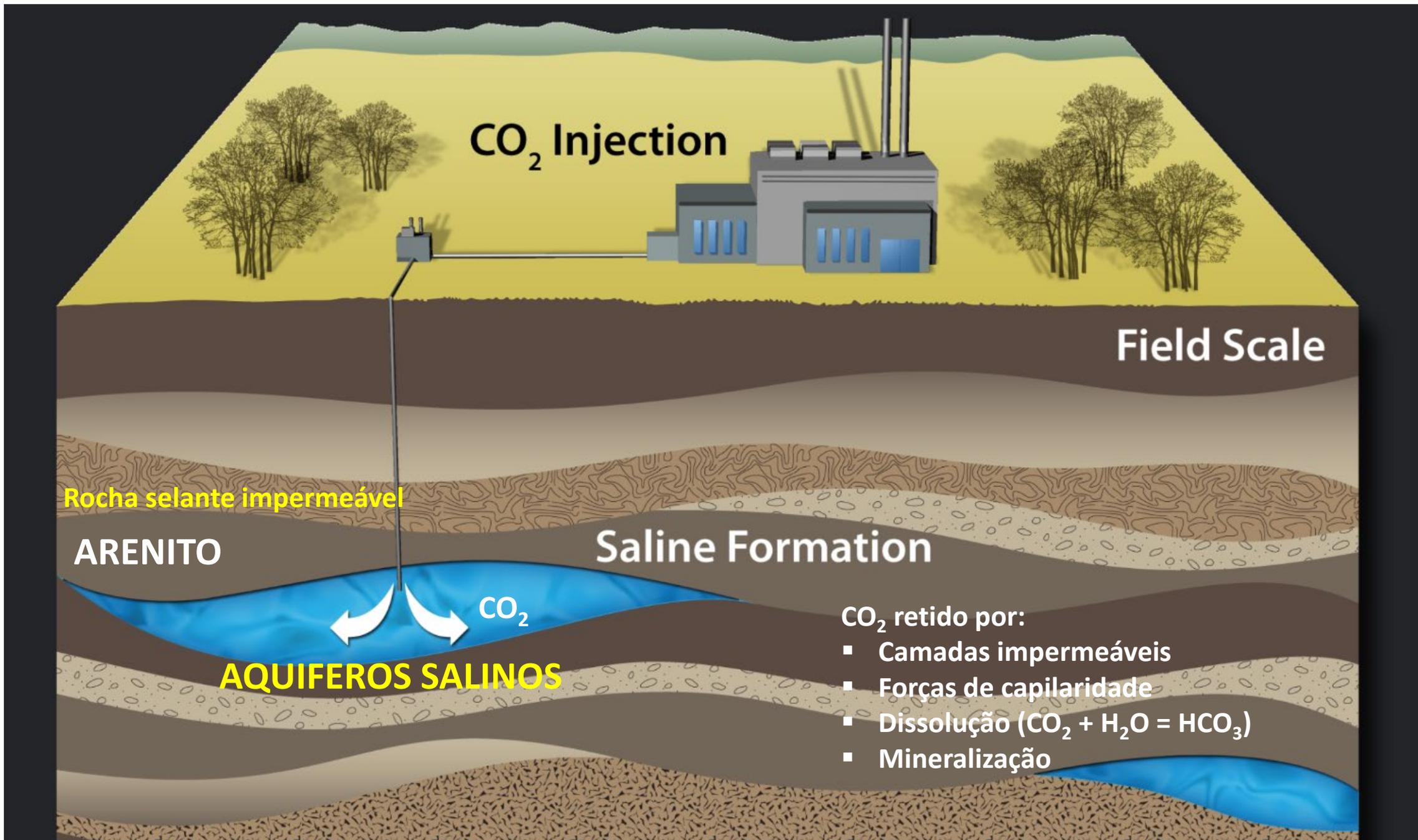


CAMADAS DE CARVÃO NÃO MINERÁVEIS



CAMADAS DE FOLHELHO NEGRO





CO₂ Injection

Field Scale

Rocha selante impermeável

ARENITO

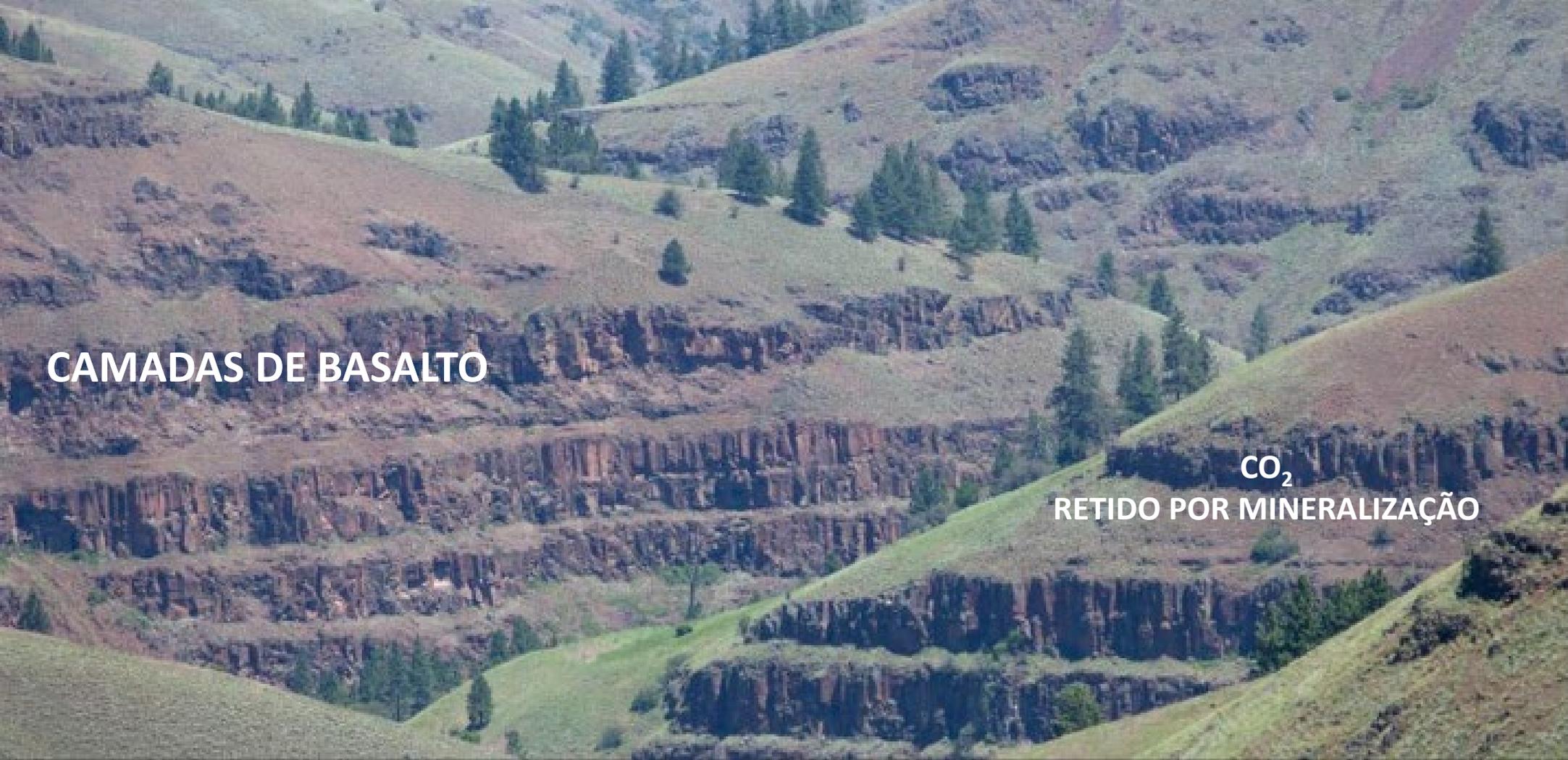
Saline Formation

CO₂

AQUIFEROS SALINOS

CO₂ retido por:

- Camadas impermeáveis
- Forças de capilaridade
- Dissolução ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3$)
- Mineralização

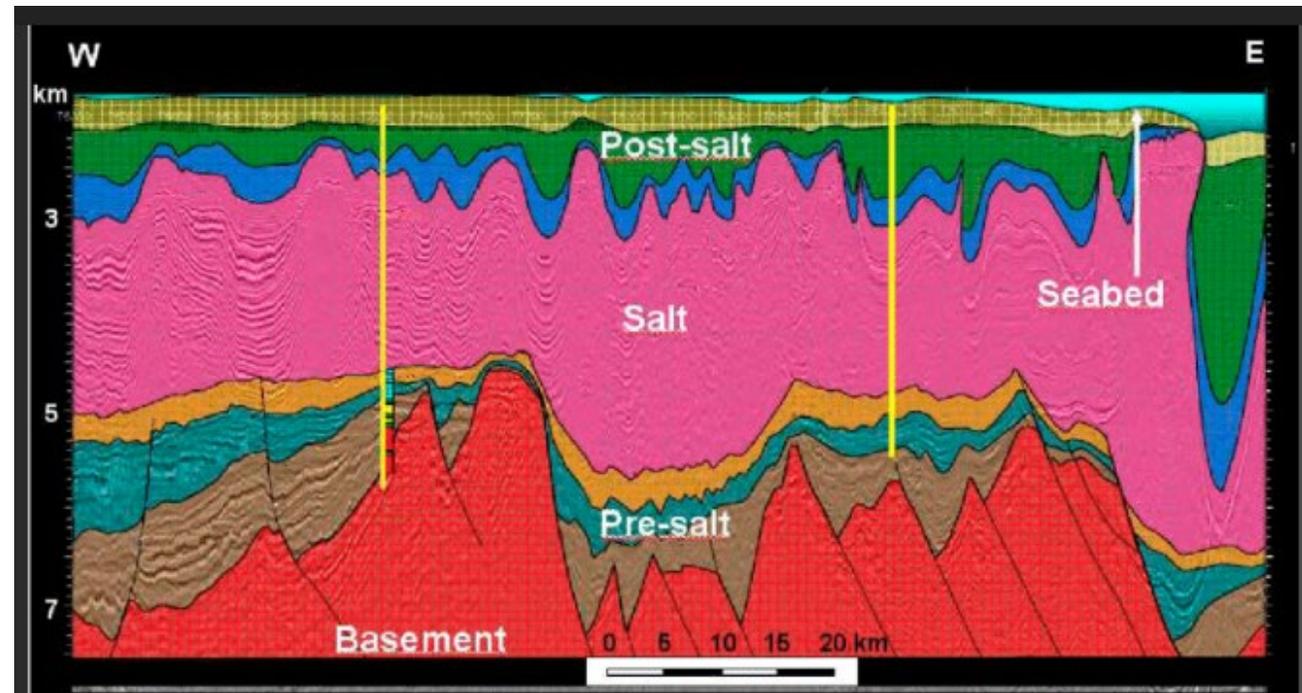
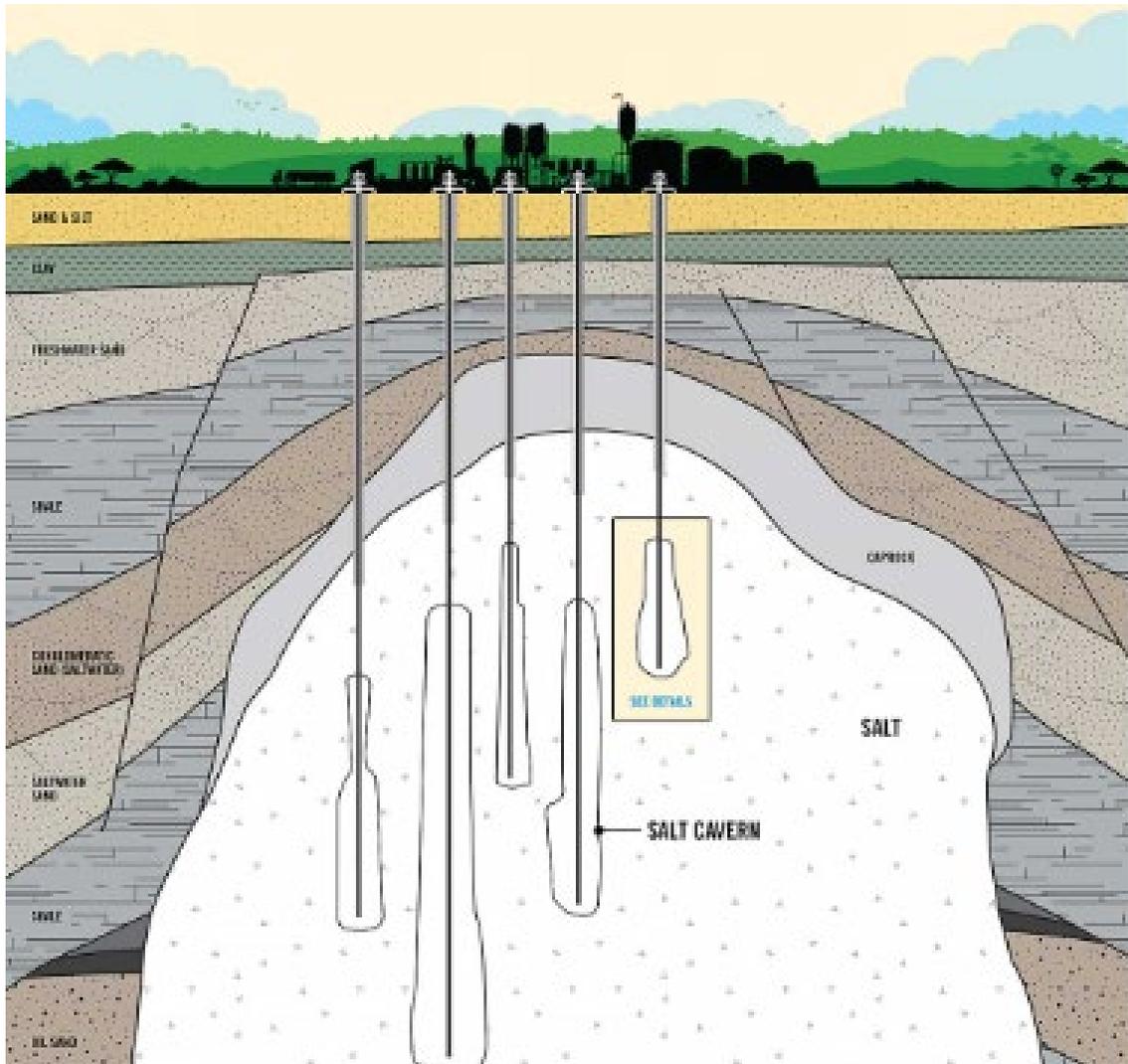


CAMADAS DE BASALTO

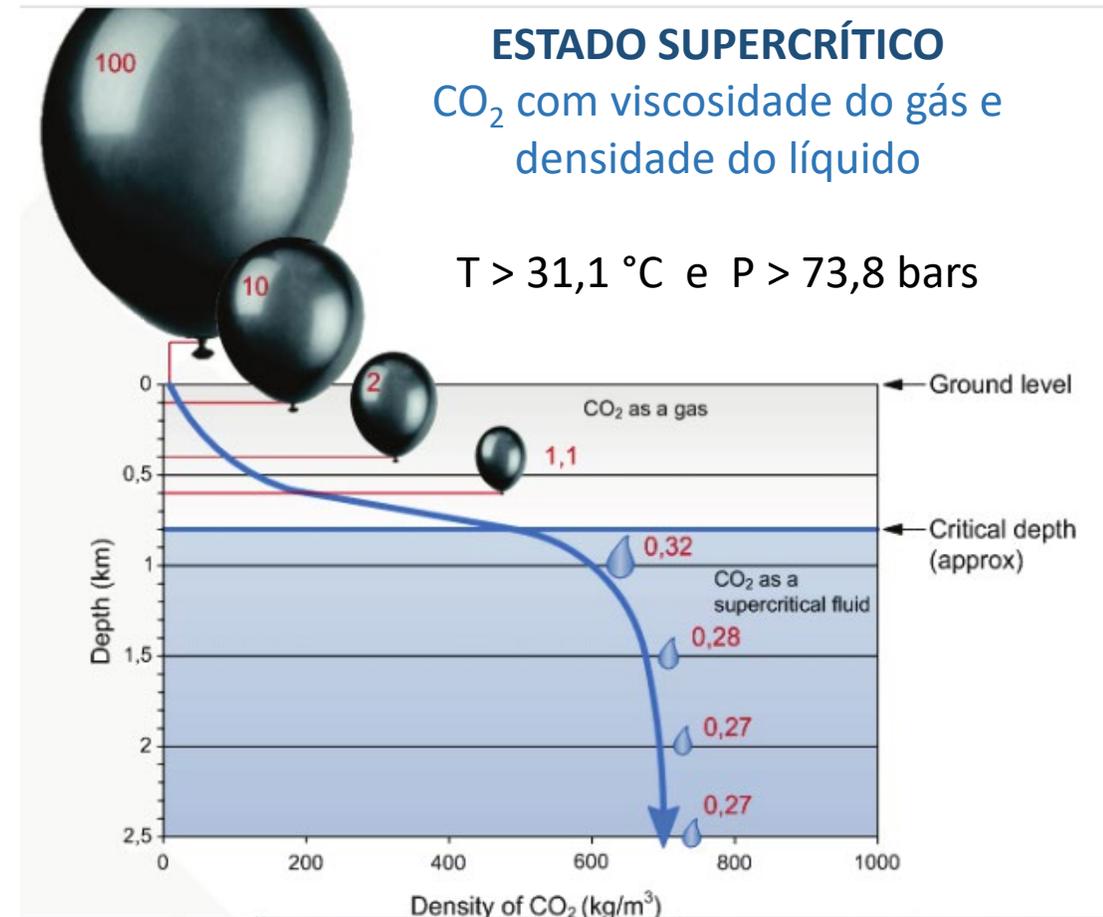
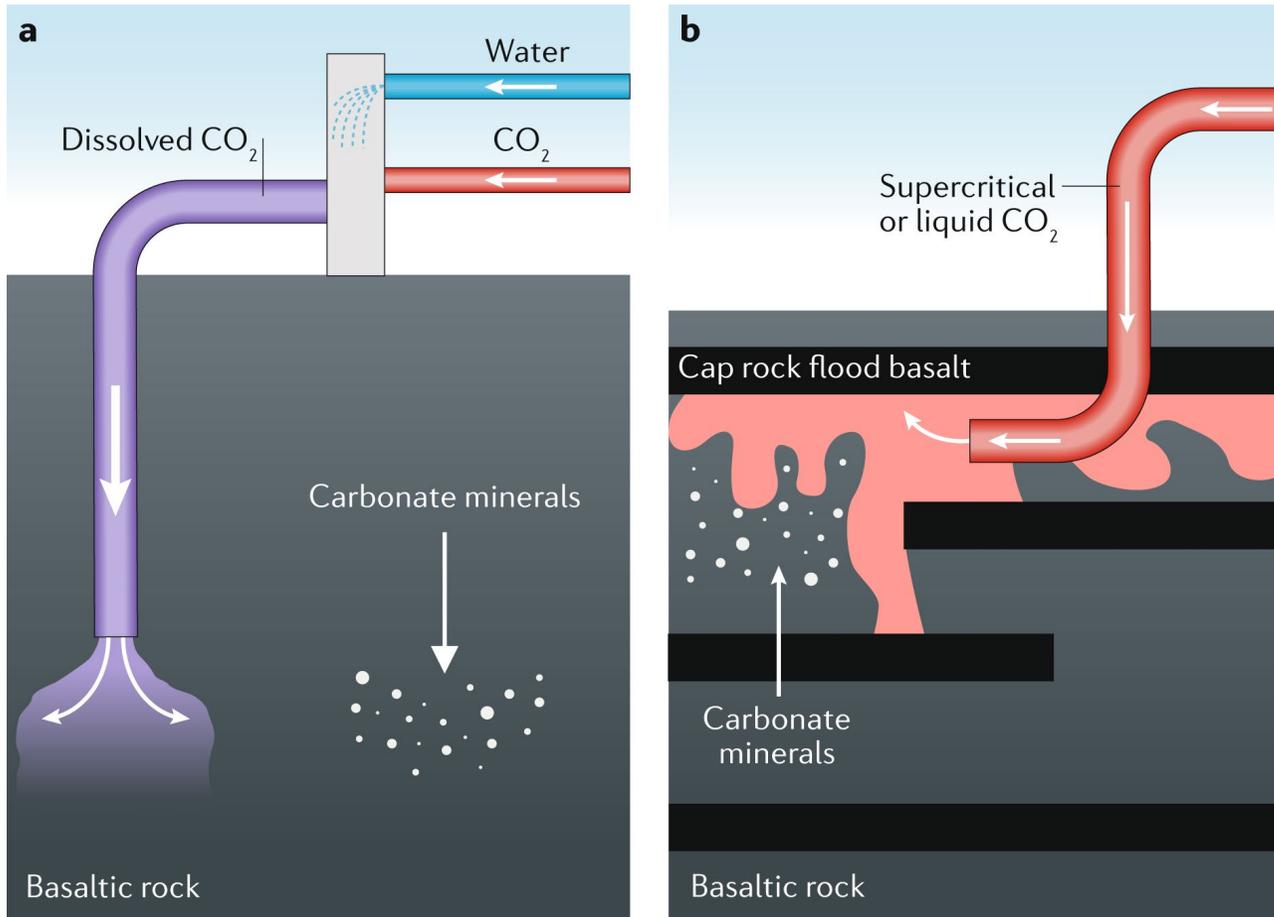
CO₂
RETIDO POR MINERALIZAÇÃO



ESTOCAGEM EM CAVERNAS EM CAMADAS DE SAL



FORMAS DE INJEÇÃO DE CO₂ NO RESERVATÓRIO



POÇOS DE INJEÇÃO DE CO₂



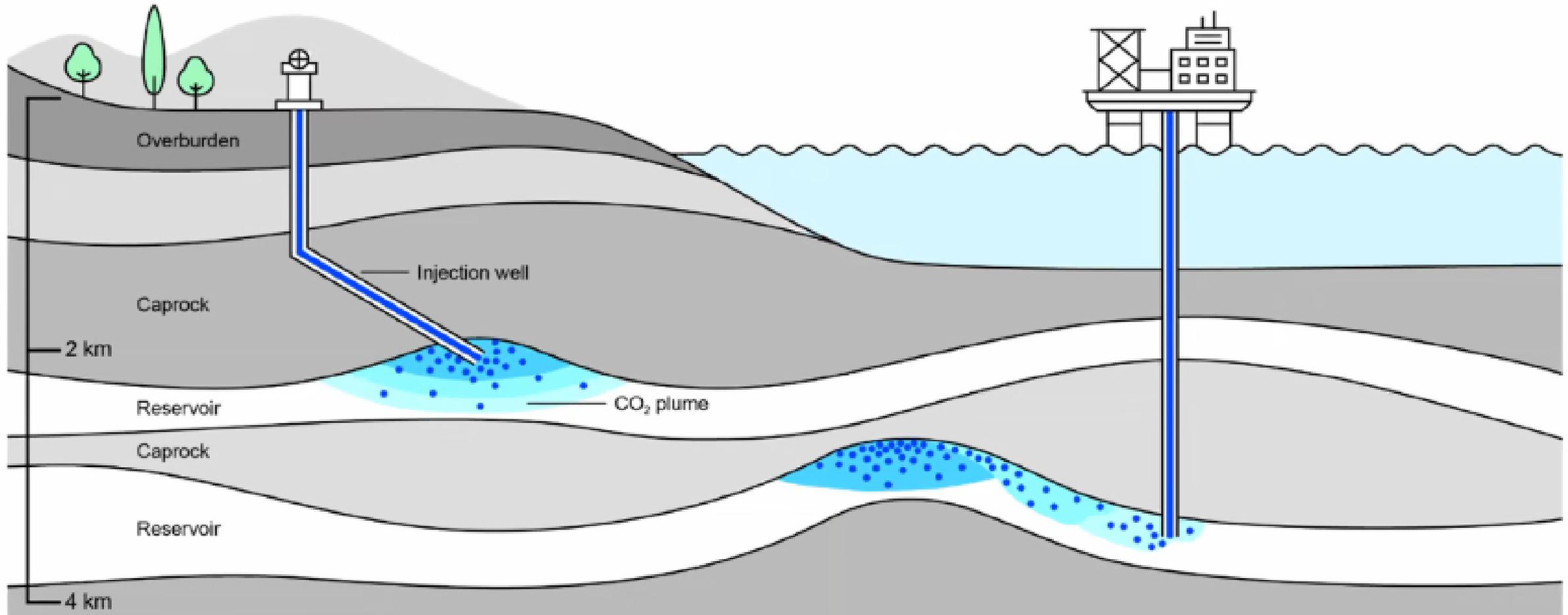
PROJETO QUEST
CANADA



PROJETO CARBFIX
ISLÂNDIA

RISCOS GEOLÓGICOS DE ESCAPE DE CO₂

Pré-requisito fundamental para definir um reservatório geológico de CO₂ é garantir que não ocorra escape significativo de CO₂



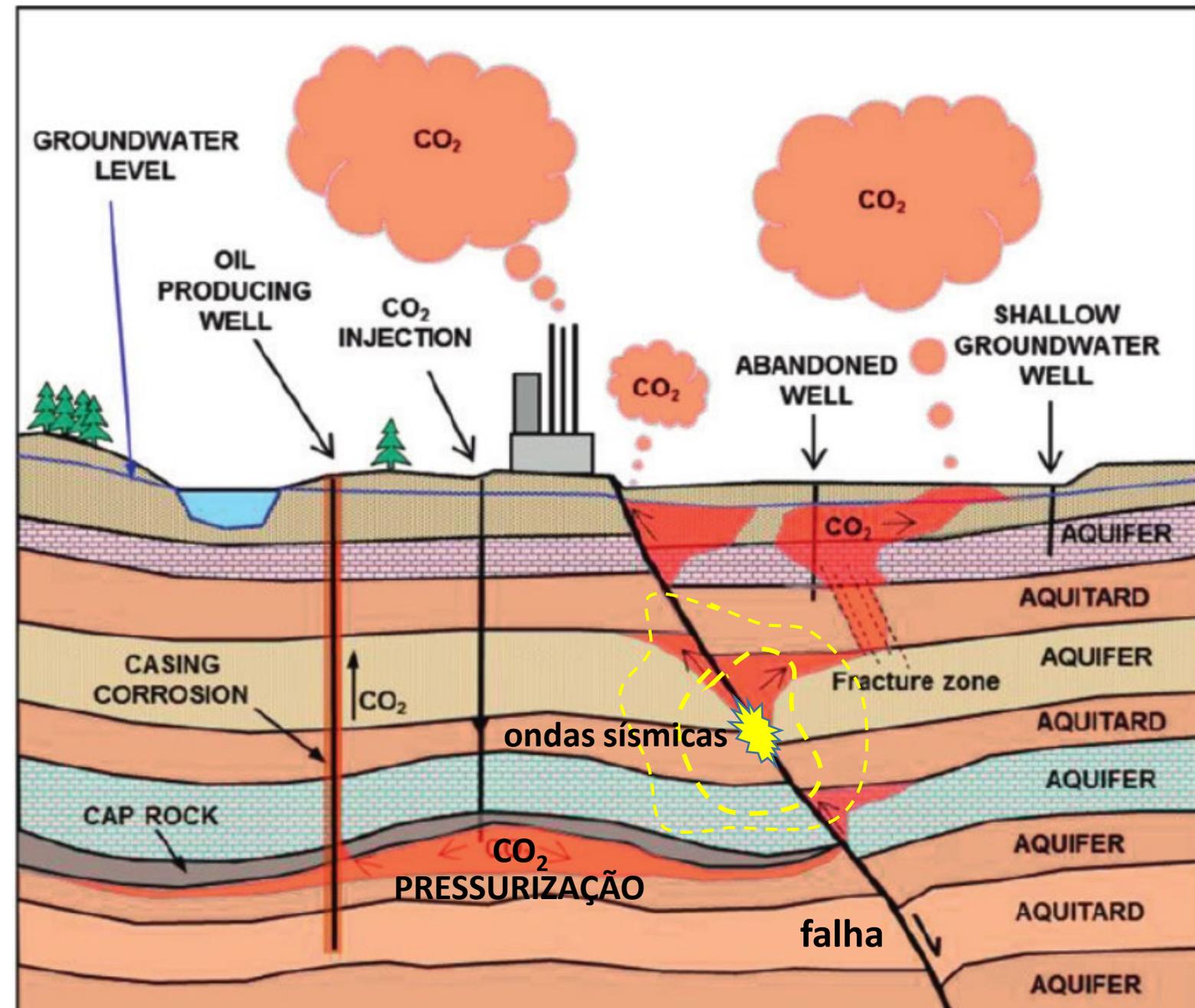
Riscos geológicos de escape de CO₂

dependem:

- Tipo da rocha reservatório
- Contexto geológico da zona de injeção

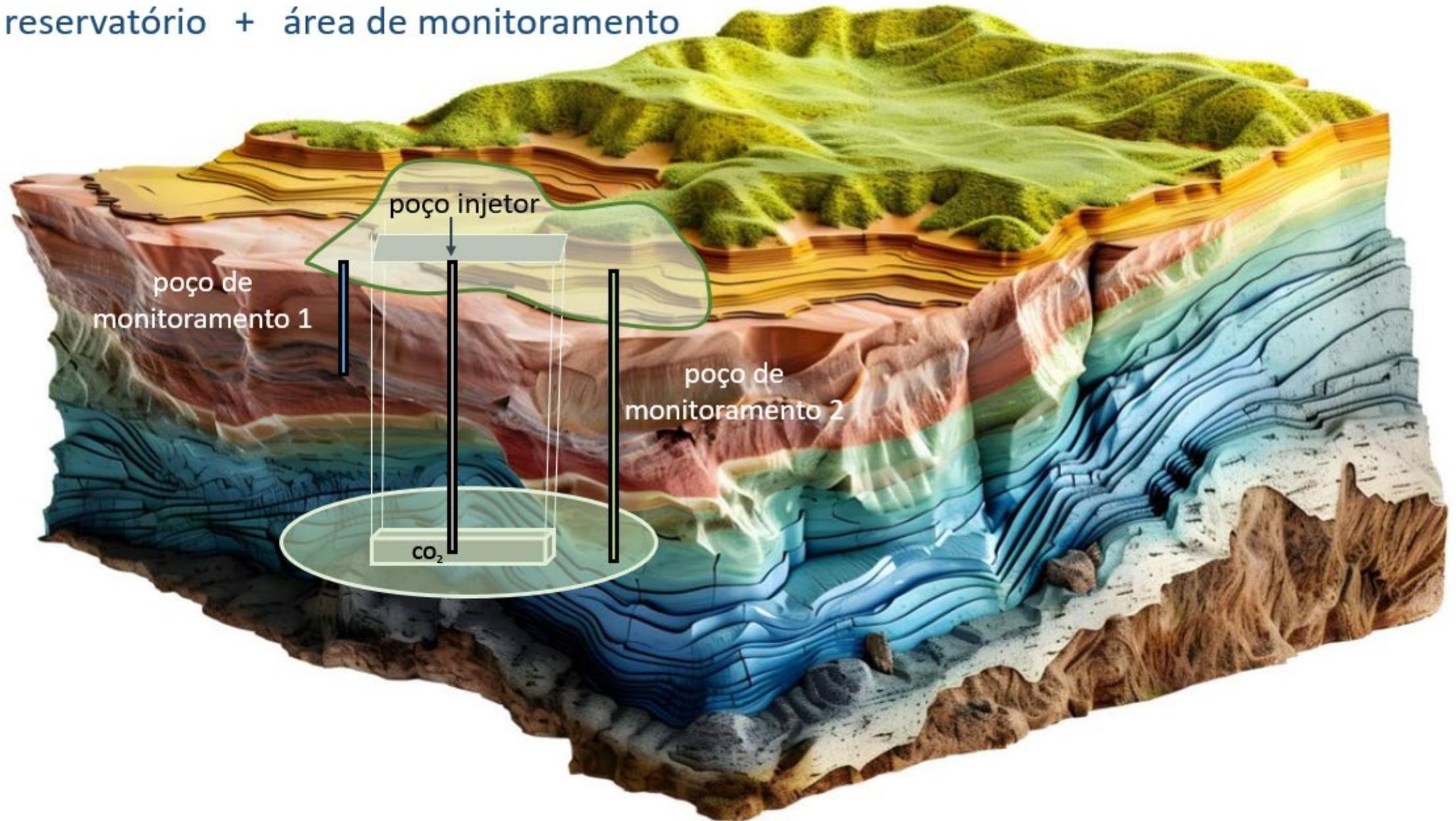
Interação geoquímica ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^-$)
induz a dissolução e neoformação de minerais
gerando variação dos parâmetros petrofísicos,
geomecânicos e de P e T

Originar fraturas e reativar falhas geológicas
o que pode produzir fuga de CO₂
e eventual sismicidade induzida



COMPLEXO DE ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO DE CO₂

reservatório + área de monitoramento





**POTENCIAL DO ESTADO DE SÃO PAULO PARA DESCARBONIZAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE BIOENERGIA E DO SETOR INDUSTRIAL
BECCS E CCS**

BIOETANOL É NEUTRO EM CARBONO

ATMOSFERA

CO₂

CO₂

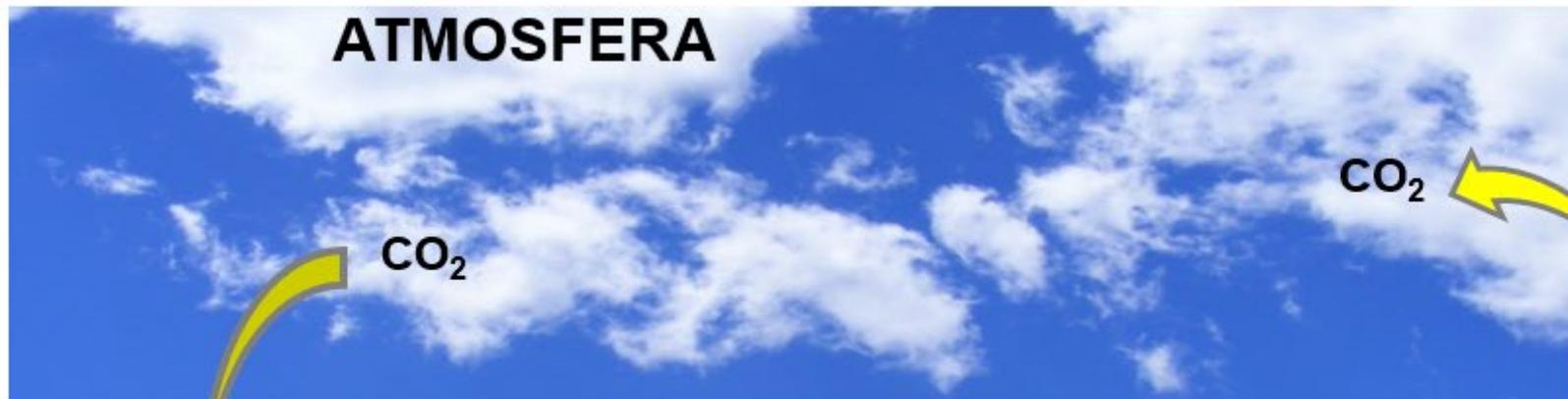
BIOMASSA

CO₂

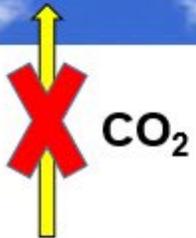
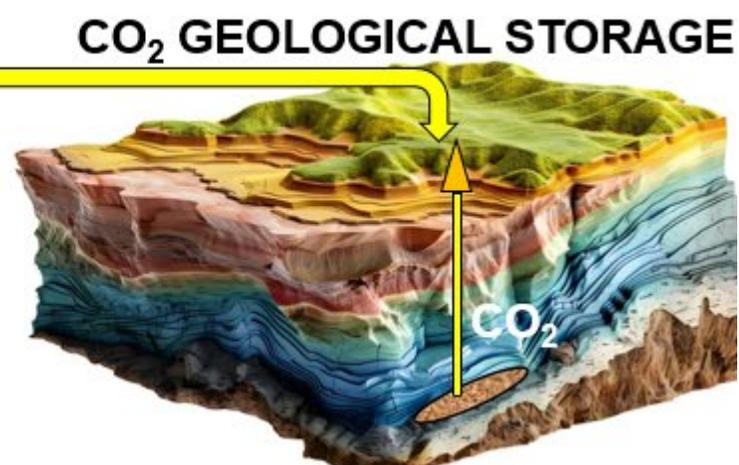
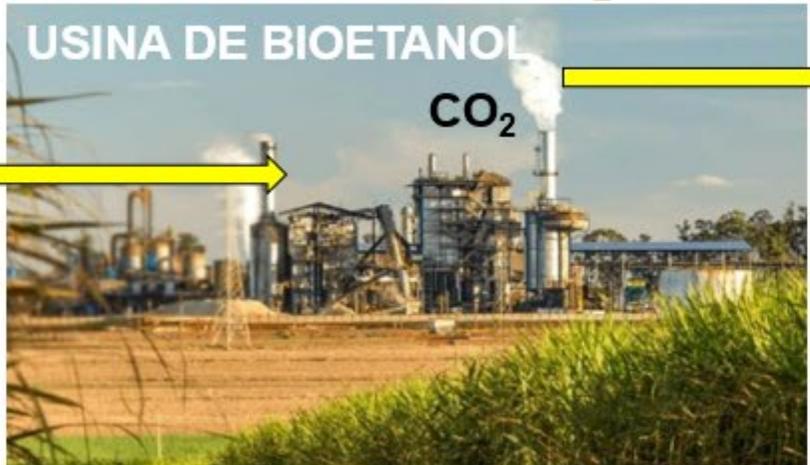
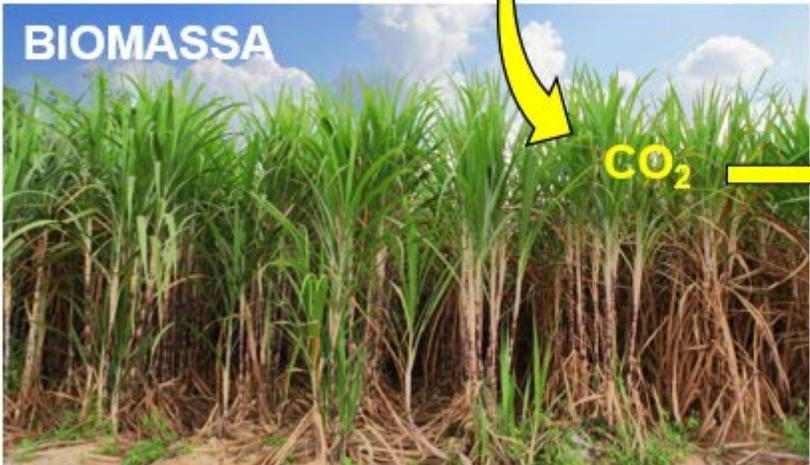
CO₂

USINA DE BIOETANOL

CO₂



BIOETANOL COM EMISSÃO NEGATIVA DE CO₂





ÀREAS FAVORÁVEIS PARA

ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO DE CO₂

BACIAS SEDIMENTARES



**USINAS DE BIOETANOL
OCORREM PRINCIPALMENTE
NA ÁREA DA
BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ**



MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO

