

### 3

## Metodologia do estudo

Para analisar quantitativamente a influência de parâmetros importantes no processo de injeção de CO<sub>2</sub> em aquíferos salinos, e como consequência obter as melhores condições para estocar o CO<sub>2</sub> em termos de aumento da capacidade de armazenamento e diminuição do tempo para injeção, foi realizado um extensivo conjunto de simulações numéricas em três dimensões.

Inicialmente foi eleito um caso base e foram simulados casos derivados alterando individualmente cada uma das propriedades selecionadas. As características avaliadas foram: profundidade do aquífero, permeabilidade horizontal, relação entre as permeabilidades vertical e horizontal, porosidade, vazão de injeção, salinidade e saturação de água residual.

No capítulo 5 será descrito detalhadamente o caso base e os casos derivados.

### 3.1

#### Premissas

Em todos os casos o CO<sub>2</sub> foi injetado puro no aquífero através de um poço durante 200 anos, a partir de quando a simulação é interrompida.

O aquífero está inicialmente preenchido somente com água salgada. Pode-se observar na figura 40 a estrutura hipotética selecionada para representar o aquífero. Foi admitida comunicação com o meio externo apenas pela superfície representada em amarelo na figura 40.

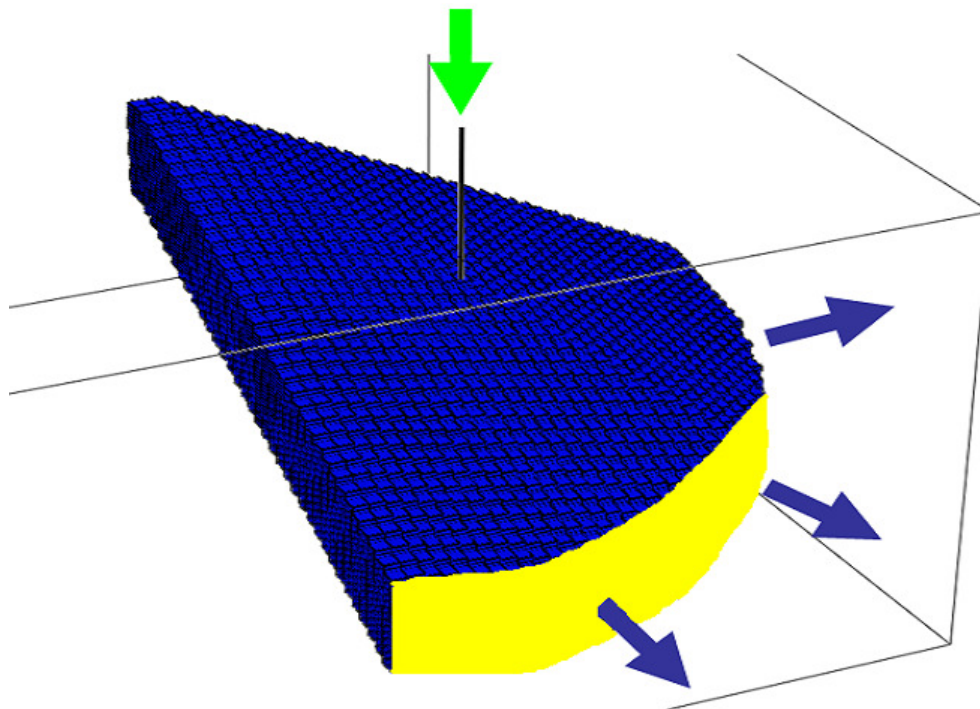


Figura 40 – Fluxos de entrada (somente  $\text{CO}_2$ ) e saída considerados nas simulações.

O fluxo de saída do aquífero foi representado através de poços produtores com pressão de fluxo constante, adjacentes internamente à superfície em amarelo mostrada na figura 40.

Foi modelado o fluxo bifásico  $\text{CO}_2$ -água salgada no meio poroso, assim como o respectivo equilíbrio termodinâmico de fases (não foi considerada a vaporização da água, e sim somente a dissolução do  $\text{CO}_2$  na água). Os processos de equilíbrio químico para as reações de dissolução e precipitação de minerais não foram incorporados, assim como processos de difusão molecular.

No começo somente água salgada sai do aquífero modelado. Com o passar do tempo o  $\text{CO}_2$  injetado vai ocupando o volume inicialmente preenchido por água e certa quantidade de  $\text{CO}_2$  começa a sair do aquífero modelado. O fluxo de saída passa a conter uma fração de  $\text{CO}_2$  que aumenta gradativamente até que praticamente todo o fluxo de saída do aquífero é composto por  $\text{CO}_2$ .

### 3.2

#### **Critérios para análise dos resultados**

Os resultados das simulações foram analisados para dois instantes distintos. Para cada instante será mostrado, como exemplo, a aplicação do respectivo

critério nos resultados da simulação do caso base. Mais adiante, no capítulo 5, será apresentada a aplicação dos critérios para cada caso derivado.

### 3.2.1

#### Primeiro critério – tempo curto

O primeiro tempo analisado é representativo do momento em que o CO<sub>2</sub> começa a sair do aquífero modelado. Neste caso o critério foi obter o parâmetro “volume de CO<sub>2</sub> no aquífero/tempo de injeção” no instante em que 10 mil m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> saíram do aquífero modelado. Estes 10 mil m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> são desprezíveis com relação ao volume de CO<sub>2</sub> armazenado no aquífero. Um maior valor do parâmetro “volume de CO<sub>2</sub> no aquífero/tempo de injeção” indica um maior volume de CO<sub>2</sub> armazenado num dado intervalo de tempo, ou um menor tempo para armazenar certo volume de CO<sub>2</sub>. A figura 41 mostra o volume de CO<sub>2</sub> que sai do aquífero modelado e o parâmetro “volume de CO<sub>2</sub> no aquífero/tempo de injeção”, ambos em função do tempo ao final de cada ano desde o início da injeção.

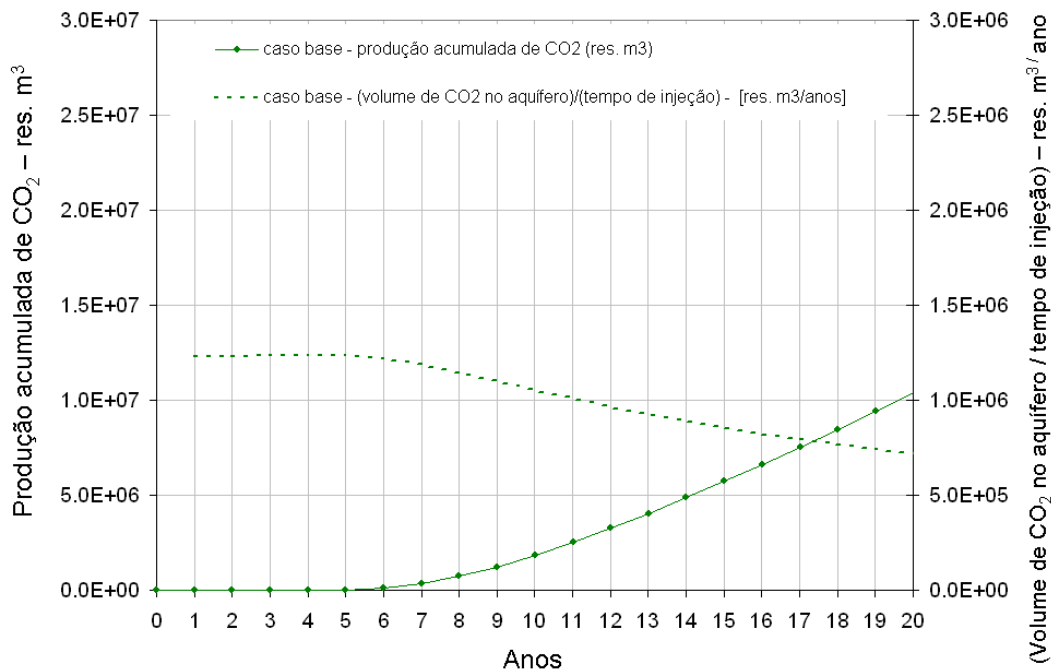


Figura 41 - Produção acumulada de CO<sub>2</sub> e (volume de CO<sub>2</sub> no aquífero / tempo de injeção) – caso base.

A terminologia “res. m<sup>3</sup>” indica que o volume é obtido nas condições de pressão e temperatura do reservatório.

No caso base, no instante em que 10 mil m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> saíram do aquífero modelado, obtivemos uma relação “volume de CO<sub>2</sub> no aquífero/tempo de injeção” de 1,233 E6 m<sup>3</sup> res./ano, ou seja, 6,3 E6 m<sup>3</sup> res. de CO<sub>2</sub> foram injetados em 5,1 anos.

### 3.2.2

#### Segundo critério – tempo longo

Já o segundo instante analisado é equivalente a etapa onde praticamente todo o fluxo de saída do aquífero é formado por CO<sub>2</sub>, ou seja, quando o valor da derivada do volume de CO<sub>2</sub> no aquífero em função do tempo de injeção é pequeno, por questão de representatividade adotou-se derivada 6,2 E4. A figura 42 mostra a variação do volume de CO<sub>2</sub> no aquífero ao longo do tempo, e a figura 43 a respectiva derivada.

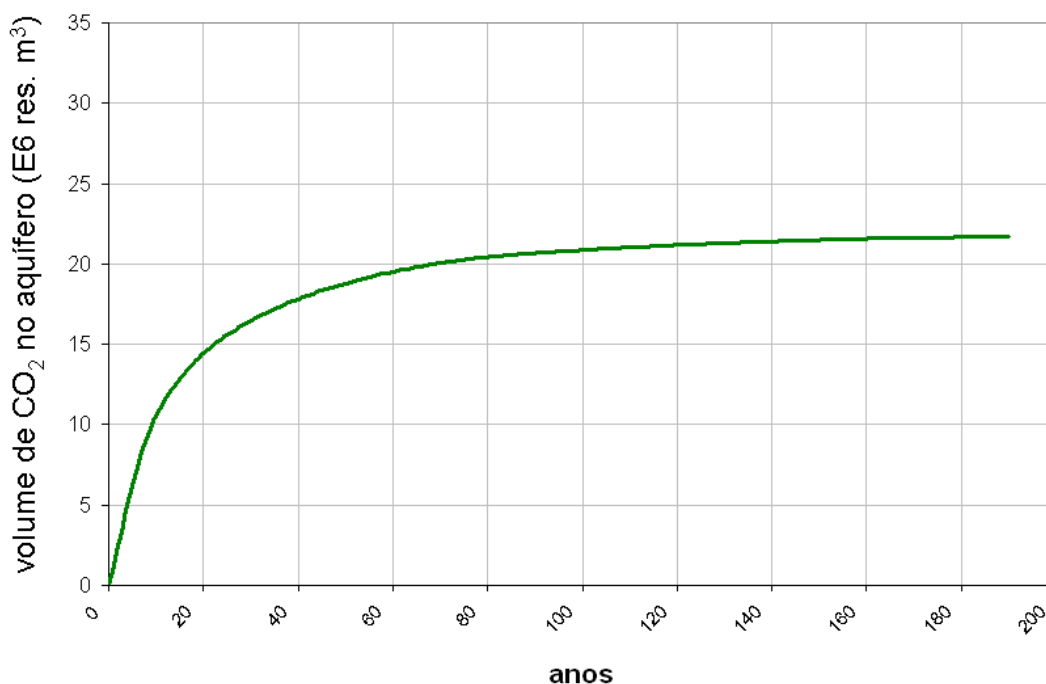


Figura 42 – Variação do volume de CO<sub>2</sub> no aquífero (res. m<sup>3</sup>) em função do tempo– caso base.

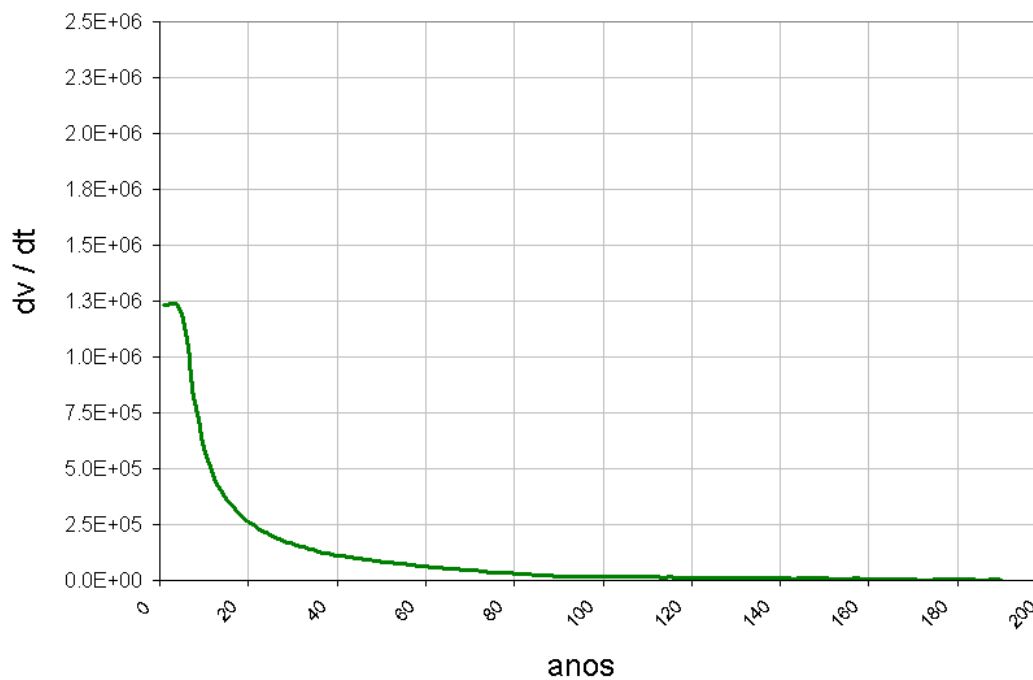


Figura 43 – Derivada da variação do volume de CO<sub>2</sub> no aquífero em relação ao tempo.

No caso base, para o valor de derivada de 6,2E4, obtivemos 19,4 milhões de m<sup>3</sup> res. de CO<sub>2</sub> no aquífero em 59,1 anos, portanto uma relação de 0,33 E6 m<sup>3</sup> res./ano.

Com as análises supracitadas foram obtidos resultados quantitativos de quais seriam as melhores características, dentre os parâmetros analisados e para os tempos curto e longo, para armazenar o CO<sub>2</sub> em termos de aumento da capacidade de estoque e diminuição do tempo para injeção. Adicionalmente as propriedades foram ordenadas segundo sua importância.