

CALIBRAÇÃO DE RESERVATÓRIO COM DADOS DE POÇOS UTILIZANDO MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO BASEADO EM GRADIENTE

Endriw Rafael Mateus Silva¹, Lindaura Maria Steffens².

¹ Acadêmico (a) do Curso de Engenharia de Petróleo – CESFI – Bolsista PIVIC, vinculado ao projeto “Calibração de modelos Forward de reservatórios com dados de poços”

² Orientador(a), Departamento de Engenharia de Petróleo– CESFI – lindaura.steffens@udesc.br/

A simulação é um importante processo na modelagem de reservatório. Buscando melhorar esse aspecto, o projeto consiste no desenvolvimento e implementação de uma ferramenta numérica automática visando a calibração e otimização dos modelos simulados. Tal ferramenta, desenvolvida em linguagem Python, visa diminuir o tempo, ao mesmo tempo que aumenta a qualidade do processo de modelagem de reservatório. A otimização de um modelo matemático visa a obtenção de uma solução ótima para o problema, e existem diversos métodos que podem ser utilizados, cada um com suas características próprias e que se adequam a diferentes tipos de problemas. De modo geral, a construção matemática de um problema de otimização passa por algumas etapas que se fazem necessárias para que a modelagem do problema seja efetuada de forma coesa e precisa. Inicialmente, deve-se definir as variáveis de projeto, ou parâmetros, que são as variáveis que definem a função do problema, em seguida, a função objetivo, expressando-a como função das variáveis de projeto. Além disso, deve-se levar em consideração todas as restrições do projeto, e descrevê-las como funções, que são chamadas de funções de restrição. A modelagem de um problema pode ter restrições lineares e não lineares. Durante o desenvolvimento do projeto, foram definidas duas funções objetivo – SCOOF e PROOF – onde cada uma possui suas características próprias. A SCOOF é uma função estratigráfica, enquanto a PROOF é uma função probabilística. Os parâmetros, ou variáveis de projeto, foram definidas como sendo algumas propriedades geológicas do campo obtidas a partir de dados sísmicos. Os métodos numéricos de otimização implementados na ferramenta de calibração possuem o objetivo de otimizar os valores dos parâmetros, ou seja, encontrar a combinação de parâmetros que retorne o menor valor possível da função objetivo escolhida. A ideia é aproximar ao máximo possível a geologia dos poços do reservatório, com relação às fáceis e as profundidades, o que será gerado pelo valor otimizado dos parâmetros definidos, calibrados pela ferramenta de cálculo. Um grupo de métodos de otimização escolhidos para estudo e provável implementação no projeto foi os métodos baseados em gradiente. Métodos de otimização baseados em gradientes são ferramentas numéricas capazes de minimizar ou maximizar funções, no qual as derivadas das funções são pontos chave para isso, pois usam gradientes das funções do problema para realizar a busca pelo ponto ótimo. Tais métodos usam uma solução inicial, que representa uma estimativa inicial do ponto ótimo, e passa por um processo iterativo, onde soluções subsequentes vão ser melhoradas até que as condições de otimalidade sejam satisfeitas e o ponto mínimo ou máximo seja encontrado. Esses métodos dependem de gradientes, que são derivadas das funções, portanto, é importante que as funções utilizadas tenham um comportamento adequado, o que chamamos de função suave. SLSQP – Sequential Least Squares Programming – é um método de otimização por programação quadrática sequencial, que se baseia na resolução de uma sequência de subproblemas, gerados a partir do problema inicial, cujas soluções convergem para a solução do problema inicial. É um método iterativo para problemas de otimização com restrições lineares e não lineares. Nos subproblemas gerados, a função objetivo é uma aproximação quadrática da função objetivo original, e as restrições são aproximações lineares das restrições originais, o que

explica o nome “programação quadrática”. Dentro do processo de iteração, a partir de um conjunto de variável x_i , é gerado um subproblema quadrático, que será resolvido a partir de métodos de otimização mais simples, e a sua solução é adotada como um novo conjunto de variáveis x_{i+1} , dando origem a um novo subproblema quadrático. O fluxograma mostrado na Figura 1 (direita) detalha o comportamento do método SLSQP.

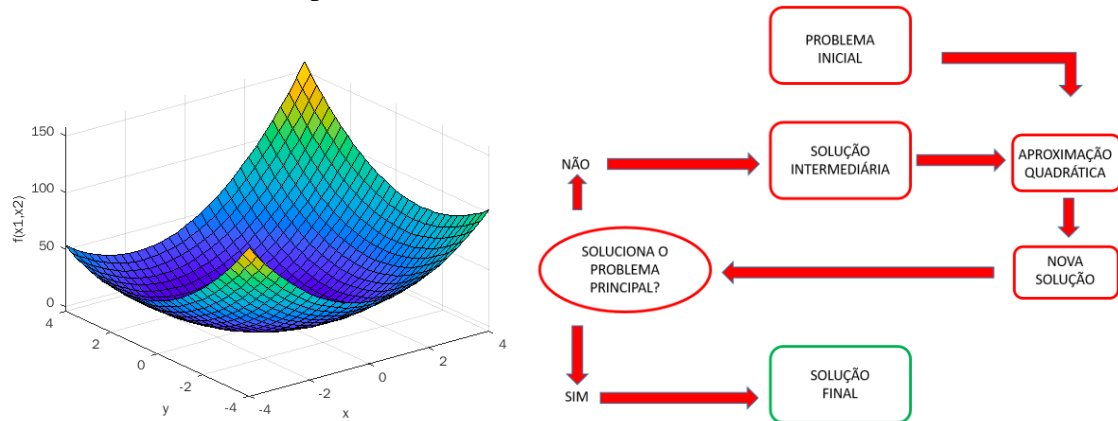


Figura 1. Exemplo de uma função suave (esquerda).
Fluxograma – processo interno do método de otimização SLSQP(direita).

Durante o projeto, o método SLSQP foi estudado e implementado na ferramenta de calibração, e se mostrou um bom candidato para servir como otimizador no processo de calibração no projeto, tendo resultados semelhantes aos outros tipos de otimizadores e os melhores resultados entre os métodos baseados em gradiente. A Tabela 1 mostra os resultados da calibração de um modelo, onde foram selecionados 4 parâmetros como variáveis de projeto e calibrado utilizando 3 otimizadores diferentes, PSO (Particle Swarm), AG (Genetic Algorithm) e SLSQP. Os resultados mostram que a função objetivo usada possui um bom comportamento para a utilização de métodos baseados em gradiente, uma vez que a otimização obteve êxito, calibrando o modelo com resultados numéricos melhores quando comparado com os outros otimizadores.

Tabela 1. Resultados da calibração de um modelo base, usando três diferentes otimizadores afim de comparar os resultados entre eles.

SCOOFpond_4P_10x10						
Otimizador	OF	Time	Subsidence 124.5	Carbo Mud Production	S2 Supply 125	Eustasy
AG	0,9100	51min	0,251	2,225	1,650	0,0853
PSO	0,8756	1h15	0,198	2,086	1,408	0,0030
SLSQP	0,8662	41min	0,159	1,826	1,301	0,0010

O uso de métodos baseados em gradientes com a finalidade de calibração, apesar de ampla, depende das condições do modelo e das funções objetivo, que necessitam possuir um comportamento adequado. O estudo tanto do método, quanto do modelo matemático é essencial para que haja bons resultados, principalmente quando se trata de tempo computacional, uma vez que a indústria requer ferramentas cada vez mais eficazes, porém, com um bom tempo de resposta.

Palavras-chave: Simulação. Calibração. Otimizador. SLSQP.