

DESENVOLVIMENTO DE UMA FUNÇÃO OBJETIVO PROBABILÍSTICA PARA CALIBRAÇÃO DA MODELAGEM *FORWARD*.¹

Marcel de Araujo^{1,2}

¹ Vinculado ao projeto “Calibração de modelos Forward de reservatórios com dados de poços.” - Orientador: Prof. Daniel Fabian Bettú.

² Acadêmico do Curso de Engenharia de Petróleo – CESFI – Bolsista PROIP
marcel.araujo091@edu.udesc.br

Os modelos estratigráficos forward (SFM) são construídos por meio da simulação do desenvolvimento de sequências estratigráficas em uma enorme escala de tempo. O modelo utiliza-se das equações do transporte de sedimentos e encontra a solução em função da topografia da bacia, variações do nível do mar, taxa de aporte de sedimentos entre outros parâmetros. Após criado o primeiro modelo estratigráfico, faz-se uma comparação com os dados observados em poços e nota-se uma diferença entre eles, consequentemente inicia-se a fase de calibração da simulação, visto que os dados obtidos do modelo não correspondem aos dados observados no poço.

O desenvolvimento de um workflow de calibração é o principal desafio do projeto, é nessa parte que acontece o refinamento do modelo forward simulado utilizando os dados observados dos poços. Uma das etapas da calibração do projeto é buscar minimizar uma função objetivo (FO) que relaciona dados da simulação de um modelo estratigráfico forward com dados observados em poços de uma determinada região. Optou-se pelo desenvolvimento e implementação de uma função objetivo baseada nas propriedades estatísticas observadas nas séries de dados comparados, ela recebeu o nome de função objetivo probabilística. Essa função mede a similaridade entre o modelo físico simulado e o modelo geológico derivado dos dados observados nos poços, apresentando a probabilidade das séries estratigráficas proverem de um mesmo ambiente deposicional, em termos estatísticos, ou seja, que as amostras possam ser de uma mesma população. A partir destes resultados, procura-se saber a probabilidade do erro que se pode obter admitindo que ambas as séries são homólogas.

A função objetivo probabilística foi desenvolvida em linguagem de programação Python, o algoritmo segue basicamente os passos do fluxograma apresentado na Figura 1 e utiliza de diversas funções presentes nas bibliotecas do Python, tais como: scipy, numpy, pandas entre outras.

Os dados importados provêm diretamente da simulação do software DionisioFlow e dos dados dos poços observados. Do dado simulado é importado a profundidade, proporção de sedimentos, espessura e batimetria, enquanto do poço é importado profundidade e litofácies. Uma vez importado, os dados passam por um pré-processamento, cujo objetivo é preparar as amostras para análise estatística. Dentro do pré-processamento acontece alguns cálculos e transformações. Os dados do poço sofrem uma transformação de escala para ficarem do mesmo tamanho dos dados da simulação e possíveis de serem estatisticamente analisados. Devido a essa mudança de escala, o algoritmo precisa adaptar os dados do poço calculando a proporção de cada fácies presente em cada intervalo, além disso, das litofácies do poço é extraído, através de uma tabela definida, o código batimétrico baseado em domínios ambientais. Já os dados simulados passam por alguns cálculos simples, é feita a ponderação da proporção de sedimentos pela espessura do intervalo e a batimetria é convertida em código

batimétrico desenvolvido pela equipe.

Após o pré-processamento entra a análise estatística, que considera as seguintes propriedades geológicas: espessura de camada, litologia, batimetria e proporção de sedimentos terrígenos. Para as duas séries de dados em comparação (modelo e poços) o algoritmo calcula os valores das médias, variâncias e tendências de variação das propriedades geológicas. Com base nesses valores são avaliadas as probabilidades de que as suas distribuições pertençam a uma mesma população estatística. Isto se dá com base no resultado dos testes T de Student, calculado a partir das médias, e teste F, que compara as variâncias das amostras. Cada valor que avalia a similaridade ou dissimilaridade de uma propriedade é chamado de evidência, calcula-se a chance de cada evidência aceitar ou recusar que as amostras são homólogas (resultado dos testes T e F) e faz-se uma combinação das evidências, resultando no valor final da função objetivo que se deseja calibrar.

O intuito da calibração nesse caso é obter um valor maior e mais próximo de 1 possível, mostrando que as séries estratigráficas simuladas possuem grandes chances de pertencerem a mesma população da amostra do poço. Isso acontece variando os parâmetros da simulação e calculando a FO para cada modelo estratigráfico simulado, a fim de encontrar um que apresente o melhor resultado.

Atualmente, o desenvolvimento do algoritmo ainda está em processo, testes estão sendo feitos para garantir o funcionamento correto e sem erros do programa. Aprimoramentos nas etapas de pré-processamento e análise estatística também estão sendo estudados e discutidos em equipe. Vale ressaltar que alguns resultados de testes feitos em ensaios experimentais sintéticos mostraram viabilidade da função objetivo, um dos pontos fortes foi a facilidade computacional, demorando cerca de 1 segundo para calcular a FO com amostras de tamanhos consideravelmente grandes.

Tendo em vista o que foi supracitado, com certeza, um dos pontos mais importante do projeto é o desenvolvimento do workflow de calibração dos modelos estratigráficos simulados, e uma das etapas essenciais do processo é a implementação da função objetivo, nesse caso a FO probabilística. Essa função leva em conta diversos atributos importantes da seção estratigráfica dos dados, possui um alto rigor matemático e geológico, e é computacionalmente rápida, além de apresentar um algoritmo estruturalmente simples, utilizando equações estatísticas pré-programadas em bibliotecas do Python. Tudo isso mostra o potencial da FO para atuar na calibração dos modelos forward.



Figura 1. Fluxograma básico da função objetivo probabilística.

Palavras-chave: Modelagem forward. Modelagem Estratigráfica. Calibração. Função Objetivo