

TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS APLICADAS NA MODELAGEM DE RESERVATÓRIO PARA INTEGRAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS E DADOS DE ENGENHARIA.

JOSÉ HENRIQUE BITENCOURT ZIMMERMANN¹; ANTÔNIO ALVES DA SILVA JÚNIOR²

¹Universidade Federal de Pelotas – jhzimmermann@gmail.com 1

² Universidade Federal de Pelotas – alves.geoestatistica@gmail.com 2

1. INTRODUÇÃO

A caracterização e modelagem de um reservatório, e posteriormente os resultados obtidos através das simulações de fluxo, são de extrema importância para a tomada de decisão e o planejamento de qualquer projeto de exploração de um campo de petróleo. O modelo de reservatório gerado precisa fornecer confiabilidade assim como entendimento da incerteza associada a modelagem, para que desta forma, as estratégias de locação de poços e otimização de produção possam ser devidamente aplicadas proporcionando resultados coerentes e realísticos.

Desta forma, a compreensão das heterogeneidades de um reservatório, apresenta-se vital para caracterização do mesmo, e a utilização da geoestatística se torna fundamental para efetuar a modelagem. DEUTSCH (2002), classifica a geoestatística como o estudo de um fenômeno que tem variação no espaço e/ou no tempo.

De acordo com MATHERON (1963), a geoestatística foi desenvolvida de forma empírica, na África do Sul, pelo engenheiro de minas Daniel G. Krige e o estatístico H. S. Sichel. Posteriormente a técnica desenvolvida por eles ainda recebeu tratamento no Centre de Morphologie Mathematique em Fontainebleau, França. ISAACS & SRIVASTAVA (1989), defendem que, na média, as amostras mais próximas no tempo e espaço possuem maior similaridade entre si do que as amostras mais distantes. LANDIM (2003) concorda, e ainda afirma que a metodologia chamada de geoestatística pode ser descrita como o estudo de variáveis com condicionamento espacial, as quais através de um comportamento espacial possuem relação aleatórias ou ainda totalmente determinísticas entre as mesmas.

Técnicas de geoestatísticas podem ser aplicadas para modelagem de um reservatório através da integração de dados geológicos e estatísticos para que ocorra aumento da credibilidade do resultado final obtido após caracterização do reservatório em estudo. Dados importantes como porosidade e permeabilidade de pontos desconhecidos podem ser estimados através de técnicas da geoestatística para integração de dados, como a krigagem, proporcionando maior segurança sobre os valores obtidos.

Krigagem é um método avançado de geoestatística utilizado para interpolar pontos conhecidos, gerando novos pontos anteriormente desconhecidos. A diferença entre a krigagem e outros métodos de interpolação é que a krigagem leva em conta a distribuição espacial das amostras conhecidas para ponderar e qualificar as amostras estimadas, ou seja, é um modelo estatístico que inclui autocorrelação. A krigagem assume que a direção ou distância entre as amostras conhecidas refletem a correlação espacial que pode ser utilizada para explicar a variação em superfície. A mesma ainda conta com ferramentas como o

variograma, que por sua vez mede a variação do valor de uma variável em relação à todas outras variáveis contidas na mesma amostragem.

O objetivo deste trabalho é utilizar os dados disponibilizados pela ANP do Banco Escola do campo de Namorado, localizado na Bacia de Campos, obtendo a porosidade e localização geográfica de todos os pontos em questão para os poços selecionados e desta forma gerar, através de técnicas geoestatísticas como variograma e krigagem, a estimativa dos demais pontos.

2. METODOLOGIA

O trabalho teve início na aquisição dos dados de cada poço utilizado, sendo que os dados de 12 diferentes poços foram utilizados no desenvolvimento do mesmo. Os dados de porosidade foram todos gerados através de dados de perfilagem. Foi utilizado uma média de porosidade NPHI com a porosidade RHOB, sendo que esses dados foram produzidos por ALBERTON (2014).

Desta maneira a metodologia deste trabalho passou pela modelagem de variograma e estimativa da porosidade via krigagem. Tanto a modelagem de variograma quanto a estimativa da porosidade via krigagem foram desenvolvidas utilizando o *software* SGeMS.

O banco de dados, de formato .dat, contou com as coordenadas X, Y e Z assim como os dados de porosidade para cada ponto. Para a modelagem do variograma o banco de dados foi carregado no *software* SGeMS, e os parâmetros da Tabela 1 foram utilizados na construção dos variogramas.

A Tabela 1 abaixo mostra os parâmetros que foram adotados para a geração do variograma 2D assim como para o variograma vertical.

Tabela 1 – Parâmetros de entrada para geração do variograma 2D e variograma vertical.

Parâmetro	Variograma 2D	Variograma Vertical
Azimuth (°)	0	0
Mergulho(°)	0	90
Tolerância Angular (°)	90	90
Separação dos lags	50	10
Número de lags	60	15
Largura da Banda (m)	25	5
Tolerância dos lags (m)	25	5

Um histograma da porosidade também foi gerado, disponibilizando dados como variância, média e número de dados analisados. Esses dados possuem importância uma vez que através da análise dos mesmos, obtivemos os máximos alcances de continuidade espacial.

Após a obtenção dos dados de alcance nas direções XY, gerados através da modelagem dos variogramas, a estimativa via krigagem foi realizada. Também utilizando o *software* SGeMS, o banco de dados foi carregado e um *grid* capaz de abrigar todos os 12 poços foi gerado. A Tabela 2 abaixo apresenta os valores utilizados para a construção do *grid*. Já a Tabela 3 abaixo, representa os valores de alcances de continuidade espacial, os quais foram utilizados na estimativa via krigagem, para obter o resultado final de estimativa de porosidade para as demais partes do reservatório.

Tabela 2 – Dados do *Grid*.

Parâmetro	X	Y	Z
Número de Blocos	52	38	68
Tamanho do Bloco (m)	100	100	10
Coordenada Inicial (UTM) do <i>Grid</i>	352050	7515300	-3610

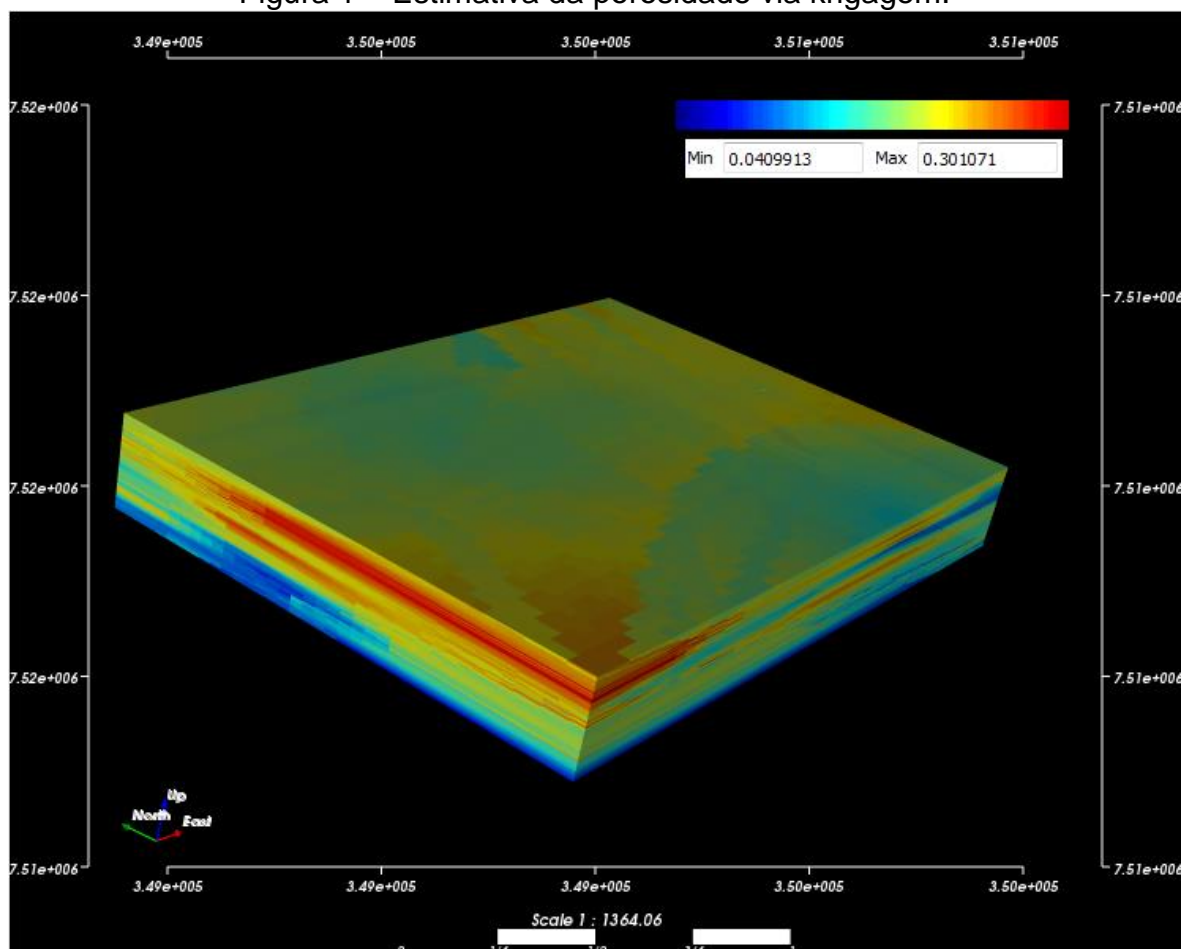
Tabela 3 – Alcances de continuidades espaciais.

Geral			Variograma		
Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3
4000	5000	300	3000	4000	150

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os procedimentos citados e descritos na metodologia, o presente trabalho gerou a estimativa da porosidade para todas as partes do reservatório via krigagem, como mostrado na Figura 1 abaixo.

Figura 1 – Estimativa da porosidade via krigagem.



A partir da estimativa via krigagem, podemos observar que valores de porosidade para todos os pontos do *grid*, envolvendo a região dos 12 poços, foram gerados sendo que os valores de mínimo e máximo apresentados são de 4% e 30% respectivamente. A técnica de krigagem tende a suavizar a propriedade em questão, neste caso a porosidade, ao longo das camadas. Analisando o modelo gerado, notamos que os valores mais altos de porosidade

estão representados na parte superior e média do reservatório enquanto que a parte de baixo do mesmo apresenta valores de porosidade consideravelmente menores.

4. CONCLUSÕES

Concluimos que os resultados alcançados são satisfatórios uma vez que a estimativa via krigagem ocorreu com sucesso e os dados obtidos apresentaram coerência. Evidenciamos que a integração entre dados geológicos e dados de engenharia ocorreu de maneira objetiva e que a caracterização e modelagem do reservatório foi possível devido as técnicas e ferramentas de geoestatística empregadas durante o desenvolvimento do projeto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEUTSCH, **Geostatistical Reservoir Modeling**, Oxford University Press, 2002.

MATHERON, G. **Principles of geostatistics**. Econ. Geol., 58:1246-1266, 1963.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford Univ.: 1989.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2a. Edição, São Paulo: Editora Unesp, 2003.

ALBERTON, R.A. **Avaliação petrofísica do campo de Namorado: Utilização da perfilagem de poços e modelagem geoestatística**. 2014. Monografia de Bacharel em Engenharia de Petróleo, Universidade Federal de Pelotas.