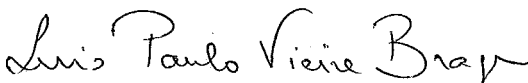


SIMULAÇÃO MULTIVARIÁVEL DE VARIÁVEIS REGIONALIZADAS

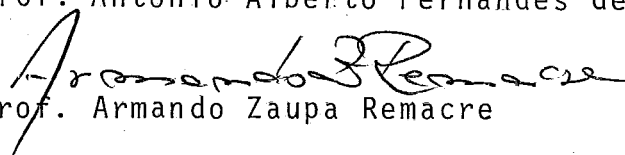
Evangelina Maria Apparício da Silva

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.) EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Aprovado por:


Prof. Luis Paulo Vieira Braga
(Presidente)


Prof. Antonio Alberto Fernandes de Oliveira


Prof. Armando Zaupa Remacre

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

Março de 1988

SILVA, EVANGELINA MARIA APPARÍCIO DA

Simulação Multivariável de Variáveis Regionalizadas
(Rio de Janeiro) 1988.

X, 147 p 29,7 cm (COPPE-UFRJ, M.Sc., Engenharia
de Sistemas e Computação, 1988)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro
COPPE.

1. Geoestatística I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

Este trabalho dedico ao Leonardo (meu esposo) e aos meus filhos Leonardo e Nina esperando compensar, de alguma forma, as limitações sofridas em prol desta realização.

AGRADECIMENTOS

Um trabalho dessa natureza não poderia ser realizado, integralmente, por uma só pessoa. Não poderia ter realizado as observações minuciosas necessárias ao entendimento e aplicação do modelo matemático utilizado, organização das idéias, organização e coleta de dados e depois tê-los processados dentro dessa abordagem multidisciplinar, sem o auxílio de vários colaboradores que sempre mostraram disponíveis, capazes e dedicados. Desejo expressar, aqui, meus agradecimentos, embora seja impossível nomeá-los e atribuir a cada um a importância de sua contribuição.

Mas, desejo expressar meus agradecimentos ao Prof. Jorge Manuel da Gama Pinto Valente que, desde 1979, quando fora sua aluna, tem contribuído, constantemente, para a minha formação na área de geoestatística e como profissional. Sempre contribui para as minhas próprias descobertas e conclusões e com inúmeras referências bibliográficas e observações importantes para este trabalho. Durante todo o tempo tive a grata satisfação e oportunidade de receber suas contribuições, atuou sempre como dedicado professor e crítico paciente, embora severo, dos trabalhos que pude realizar. Desejo agradecer com satisfação sua participação, verdadeiramente efetiva. Sua amizade, assistência, intuição e inteligência foram para mim um constante estímulo durante os oito anos de trabalho em Ouro Preto-MG.

Ao Prof. Luis Paulo Vieira Braga, orientador deste trabalho, quero agradecer, com grande satisfação, sua participação

eficiente, sua amizade e compreensão pelas mudanças e atrasos ocorridos no andamento do trabalho. Sua liberdade em garantir suas próprias instalações de computação e "software" deu-me a oportunidade de realizar os inúmeros testes e observações em que este trabalho se baseia. Sua capacidade, paciente e exigente orientação foi relevante para o prosseguimento e conclusão do presente trabalho.

Meus agradecimentos à ALCOA ALUMÍNIO DO BRASIL S/A que garantiu meios, preparação e organização dos dados necessários à elaboração deste trabalho. Particularmente, desejo agradecer as contribuições dos senhores engenheiros José Carlos Danza Errico, Don Duane Williams e Carlos Jorge de Andrade, que eficientemente atenderam todas as solicitações efetuadas.

Aos colegas do Departamento de Mineração da Escola de Minas de Ouro Preto que viabilizaram a minha liberação para realizar o curso de mestrado, sou eternamente grata.

Particularmente, agradeço as contribuições valiosas do Moacir, Marcílio e Flávia.

Agradeço à Paulo Abib Engenharia S.A. por ter garantido o término deste trabalho.

Aos meus pais agradeço a mais profunda contribuição, pois fizeram-me capaz de vencer os obstáculos.

Agradeço ao Sr. Raimundo Benedito Silva (meu sogro) e

a Sra. Laura Fideles Apparício da Silva (minha sogra) que, com espírito de colaboração e amizade, estiveram sempre disponíveis às inúmeras solicitações de apoio ocorridas.

É com um sentimento especial de gratidão que me dirijo à minha família: Leonardo (meu esposo), Leonardo e Nina (meus filhos). Afinal foram eles que, para incentivar-me e acompanhar-me, a todo tempo, limitaram suas vidas sem férias e, principalmente, sem minha atenção.

Finalmente, agradeço a Deus acima de tudo.

RESUMO DA TESE APRESENTADA À COPPE/UFRJ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)

SIMULAÇÃO MULTIVARIÁVEL DE VARIÁVEIS REGIONALIZADAS

Evangelina Maria Apparício da Silva

Março, 1988

Orientador: Luis Paulo Vieira Braga

Programa : Engenharia de Sistemas e Computação

Este trabalho retrata os procedimentos e conceitos empregados no estudo das variáveis regionalizadas, enfatizando a metodologia da Simulação Geoestatística e sua aplicação a uma jazida de bauxita, da qual são consideradas as variáveis regionalizadas: alumina aproveitável e sílica reativa.

Numa fase preliminar são analisadas as características estatísticas e estruturais dos dados utilizados e realizadas a necessária transformação gaussiana. Os semi-variogramas experimentais obtidos são analisados e ajustados a um modelo teórico.

Foram realizados diversas simulações através de um programa, escrito em FORTRAN IV, implantado em microcomputador

(PC-XT), que realiza a simulação condicional utilizando a cokrigagem para o processo de condicionamento.

Os resultados obtidos, apresentados no capítulo IV, permitiram concluir sobre a validade de aplicação das técnicas utilizadas para simular as características estatísticas gerais da jazida considerada.

ABSTRACT OF THESIS PRESENTED TO COPRE/UFRJ AS PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (M.Sc.)

MULTIVARIATE SIMULATION OF REGIONALIZED VARIABLES

Evangelina Maria Apparício da Silva

MARÇO, 1988

Chairman: Luis Paulo Vieira Braga

Department: Computation and Systems Engineering

This work shows the proceeding and principles employed in the study of the regionalized variables with emphasis in the methodology of the Geostatistics Simulation, and its application in a deposit of bauxite, with the mean variables: useful alumina and reactive silica.

At the beginning, the statistics and structural characteristics of the data used are studied, and realized by Gaussian transform necessary. The experimental semi-variograms in this case are studied too, and made an adjustment to an theoretical model.

A lot of simulations are made through of the a computer program, im FORTRAN.IV, in put in IBM-PC Compatible, which makes the conditional simulation well-founded in the cokriging to the conditioning process.

The results showed in the chapter IV, allow to conclude about the validity of the technic applicated in the simulation of the statistics characteristics of the deposit studied.

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
<u>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</u>	01
I.1 - Objetivo e Justificativa do Trabalho.....	01
I.2 - Considerações Gerais sobre a Bauxita.....	04
I.3 - A Bauxita da Região de Poços de Caldas.....	06
I.3.1 - Aspectos Geológicos.....	06
I.3.2 - Pesquisa, Planejamento e Lavra.....	08
I.3.3 - Beneficiamento da Bauxita.....	11
I.3.4 - Sistema de Estimação da Reserva.....	11
I.3.4.1 - Análise dos Dados de Sondagem.....	13
I.3.4.2 - Análise Estrutural ou Variográfica.....	13
I.3.4.3 - Krigagem.....	18
 <u>CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA</u>	 20
II.1 - Generalidades.....	20
II.2 - Métodos Convencionais.....	21
II.3 - Métodos Estatísticos.....	21
II.3.1 - Distribuição Normal ou de Gauss.....	23
II.3.2 - Distribuição Lognormal.....	25
II.3.3 - Análise de Correlação e Regressão.....	28
II.3.4 - Regressão Linear.....	31
II.4 - Métodos Geoestatísticos.....	34
II.4.1 - Considerações Gerais.....	34

	<u>Pág.</u>
II.4.2 - Conceitos Fundamentais em Geoestatística.....	36
II.4.2.1 - Variáveis Regionalizadas (V.Rs:).....	36
II.4.2.2 - Variáveis Corregionalizadas.....	37
II.4.2.3 - Função Aleatória - (F.A.).....	37
II.4.2.4 - Função Aleatória Estacionária (F.A.E.).....	38
II.4.2.5 - Função Aleatória Estacionária de Segunda Ordem (FAST).....	38
II.4.2.6 - Função Aleatória Intrínseca (FAI-0).....	39
II.4.2.7 - Função Aleatória Intrínseca de Ordem K - (FAI-K)	41
II.4.2.8 - Erro de Estimção.....	42
II.4.2.9 - Variância de Estimção.....	43
II.4.2.10 - Variância de Dispersão.....	45
II.4.3 - Função Variograma $2\gamma(h)$	47
II.4.3.1 - Definição e Propriedades.....	47
II.4.3.2 - Características Estruturais Evidenciadas pelo Semi-Variograma.....	50
II.4.3.3 - Modelos Teóricos.....	55
II.4.3.3.1 - Modelos com Patamar.....	56
II.4.3.3.2 - Modelos sem Patamar.....	58
II.4.4 - Momentos Cruzados.....	59
II.4.5 - Estimção Geoestatística.....	61
II.4.5.1 - Krigagem Estacionária.....	62
II.4.5.2 - Krigagem Universal.....	66
II.4.5.3 - Cokrigagem.....	69

