A decorative grid pattern of squares in various shades of green and blue is located in the top left corner of the slide.

INTRODUÇÃO A ANÁLISE GEOESTATÍSTICA PARA INTERPOLAÇÃO DE DADOS

Célia Regina Grego

Pesquisadora

Embrapa Informática Agropecuária

27/09/2019

A decorative grid pattern of squares in various shades of green and blue is located in the bottom right corner of the slide.

ITENS A SEREM ABORDADOS

- 1- Introdução
- 2 - Conceitos básicos da geoestatística
- 3 - Amostragem e obtenção dos dados
- 4 - Análise estatística descritiva
- 5 - Semivariograma
- 6 - Interpolação por krigagem
- 7 - Construção do mapa de contorno
- 8 - Considerações finais

1 - Introdução

HISTÓRICO - Daniel G. Krige (1951): África do sul com dados de concentração de ouro verificou que para encontrar sentido nas variâncias era preciso levar em conta as distancias das amostras.



Onde tudo começou

- Matheron (1963): desenvolveu a teoria das variáveis regionalizadas com os fundamentos da geoestatística, onde são estudados os fenômenos contínuos no espaço e no tempo.

GEOESTATÍSTICA: TEORIA DAS VARIÁVEIS REGIONALIZADAS

Ferramenta utilizada para a caracterização da dispersão espacial das grandezas que definem a quantidade e a qualidade de recursos naturais e outros fenômenos espaciais em que os atributos manifestem uma certa estrutura no espaço ou no tempo.

VARIÁVEL REGIONALIZADA

Função espacial numérica, que varia de um local para outro, com uma continuidade aparente e cuja variação é representada por uma função matemática estimada pela semivariância em função da distância.

2- Conceitos básicos

Hipótese Básica: Dados vizinhos são mais parecidos que dados distantes ;



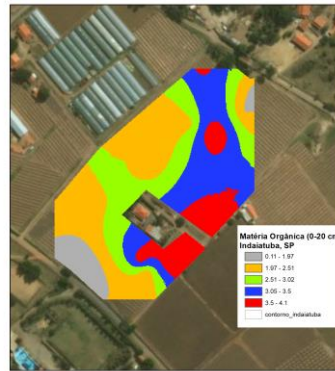
Diferenças na paisagem x distância

Pré-requisito: Coordenadas geográficas dos pontos amostrados (GPS ou distância arbitrária a partir de uma origem);



VARIABILIDADE ESPACIAL

Quando medidas amostradas no espaço apresentam alguma estrutura de dependência em relação as medidas vizinhas. Se existe variabilidade espacial, significa que os vizinhos mais próximos são mais parecidos do que os mais distantes para qualquer que seja a área amostrada.



A variabilidade existe na natureza e deve ser considerada

Objetivo: Averiguar a existência de dependência espacial nos dados coletados para obter precisão científica nos dados interpolados para o mapeamento;

Importante: Tudo depende da intensidade de amostragem e escala de trabalho. A casualização estatística não garante a independência entre amostras.

3 – Amostragem e obtenção de dados

Avanço atual: Sensores. Medidas cada vez mais precisos e adequadas para identificar a variabilidade espacial

Sucesso no plano de amostragem: É possível com o conhecimento prévio sobre o ambiente que se quer caracterizar

Amostragem adequada:

- O espaçamento entre as amostras deve ser menor do que as “manchas” que se quer caracterizar;
- Amostragem inteligente usa a variabilidade de variáveis indicadoras para assertividade na densidade de amostragem (como topografia, solo, NDVI).
- Locais de maior variação de variáveis indicadoras deverão ser amostrados com maior intensidade.

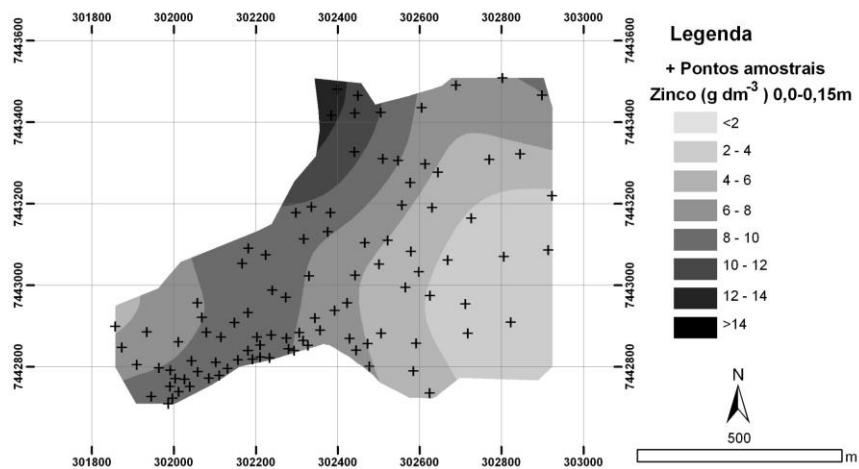
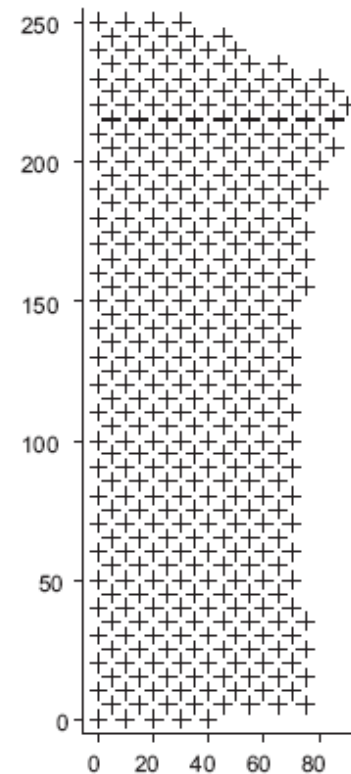
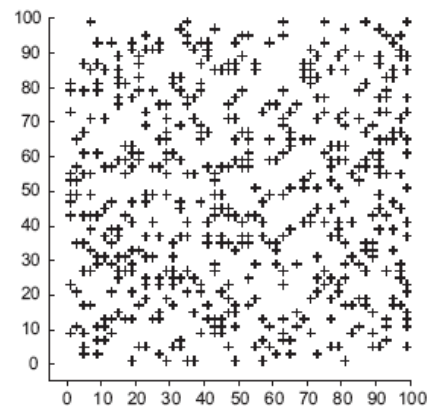
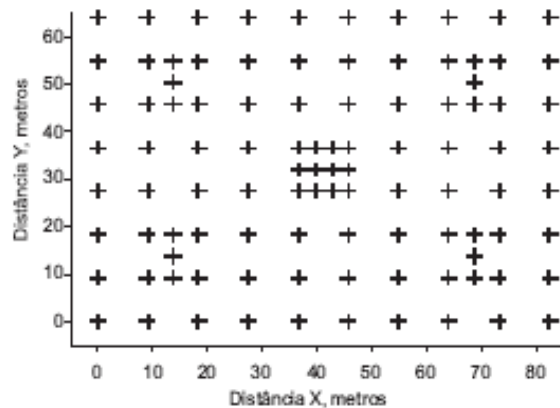
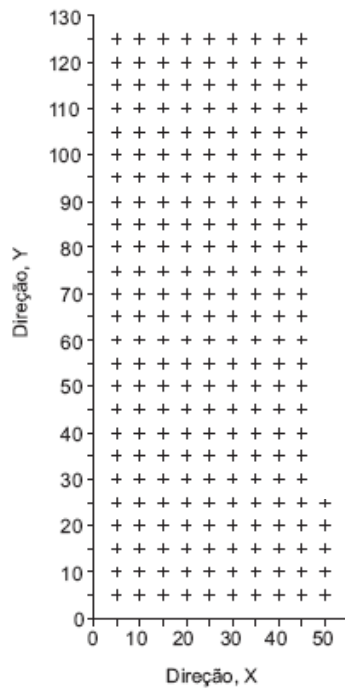
NÚMERO DE AMOSTRAS

Deve ser baseada no conhecimento mínimo sobre o ambiente e a variável que está sendo amostrada

Depende:

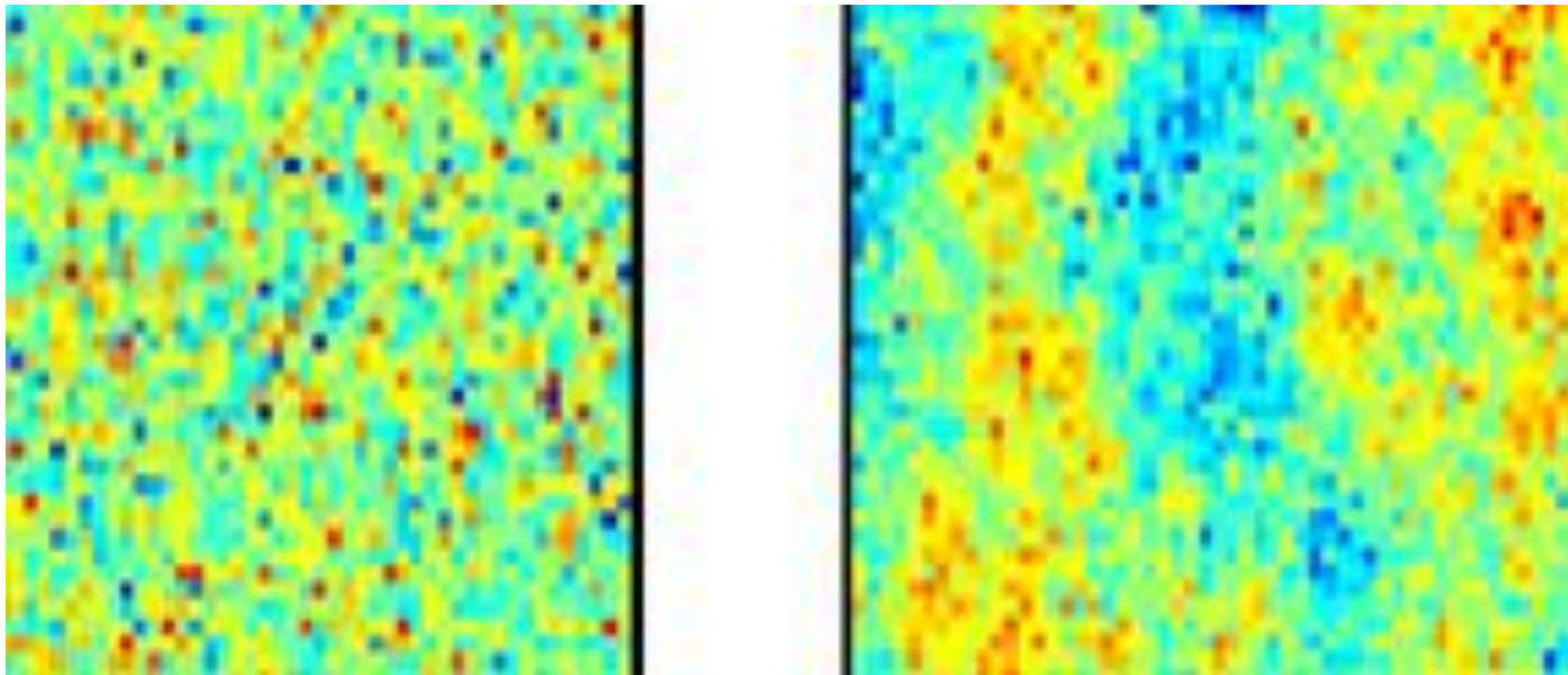
- da escala
- recursos financeiros e humanos disponíveis
- objetivo da amostragem
- tempo disponível

GRADES DE AMOSTRAGEM



ESTUDO DO PADRÃO ESPACIAL DO AUTÔMATO CELULAR

Trabalho BRATFISCH, G.G et al (2019) - SBIAGRO 2019 - Modelagem da difusão da tecnologia de bovinos de corte no Brasil usando autômatos celulares



Resolver modelo teórico espacialmente explícito de difusão de tecnologia e aplicar a sistemas de produção de gado de corte no Brasil utilizando autômato celulares (trabalhando com dois tipos de sistemas, intensivos e extensivos).

Melhor representar a vizinhança e seus efeitos no processo de intensificação.

METODOLOGIA

Análise dos parâmetros (modelo) quanto a dependência espacial com a simulação de alteração dos parâmetros

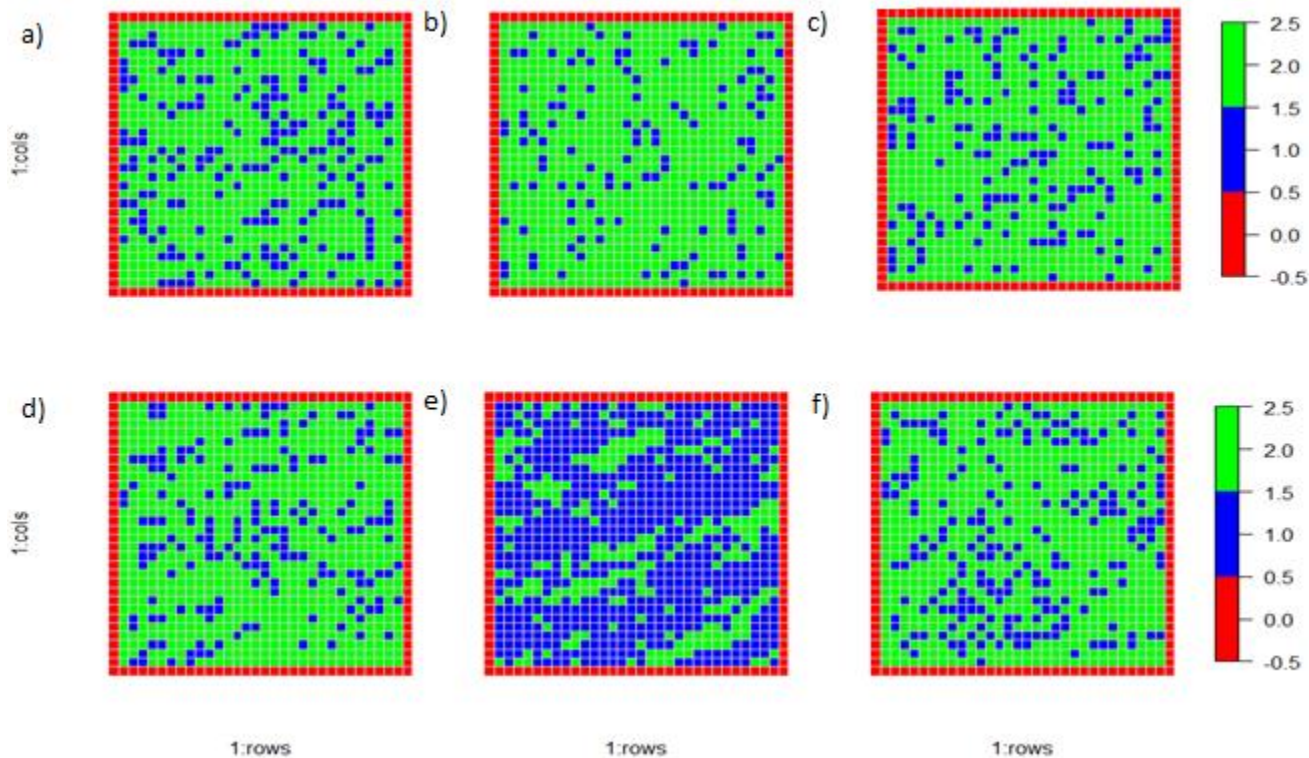
(Gamma=1,Beta=0, Alpha=0,Lambda=1)	(Gamma=0,Beta=1, Alpha=0,Lambda=1)	(Gamma=0.5,Beta=0.5, Alpha=0,Lambda=1)	(Gamma=0.4,Beta=0.3, Alpha=0.3,Lambda=1)	(Gamma=0.4,Beta=0.3, Alpha=0.3,Lambda=3)	(Gamma=0.4,Beta=0.3, Alpha=0.3,Lambda=0.1)
S1	S2	S3	S4	S5	S6

Ferramenta de geoestatística para comprovar a existência de dependência dependência.

Simulando um autômato celular por um longo período de tempo surgem padrões espaciais.

Para diferentes parâmetros podem ser alcançados tipos diferentes de padrão espacial.

Para verificar como cada parâmetro tem efeito nos autômatos celulares foi utilizada a geoestatística.



Gríde com os parâmetros γ , β , α e λ

4 – Estatística descritiva

Name	Num.	Mean	Variance	Std.Dev.	C.V.	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis
S1___	900	1.78	0.1718	0.4145	23.29	1	2	-1.354	-0.1668
S2___	900	1.849	0.1284	0.3584	19.38	1	2	-1.951	1.812
S3___	900	1.838	0.1361	0.3689	20.07	1	2	-1.836	1.372
S4___	900	1.833	0.139	0.3729	20.34	1	2	-1.792	1.213
S5___	900	1.929	6.61E-02	0.2572	13.33	1	2	-3.343	9.197
S6___	900	1.762	0.1814	0.426	24.17	1	2	-1.234	-0.4784
Correlation matrix									
	S1___	S2___	S3___	S4___	S5___	S6___			
S1___	1	0.0306	0.0137	0.0648	-0.0113	-0.0131			
S2___	0.0306	1	-0.0089	-0.0805	-0.0081	0.0485			
S3___	0.0137	-0.0089	1	0.0377	0.0307	0.0162			
S4___	0.0648	-0.0805	0.0377	1	-0.0193	-0.0187			
S5___	-0.0113	-0.0081	0.0307	-0.0193	1	0.0486			
S6___	-0.0131	0.0485	0.0162	-0.0187	0.0486	1			

5 – Semivariograma

“Assinatura da dependência espacial”

Calculo da semivariância é estimada através de

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2 N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h .

O semivariograma é uma função matemática estimada pela semivariância em função da distância.

Distância máxima e número de passos

Semivariograma: GRÁFICO SEMIVARIÂNCIA X DISTANCIA

Exemplo de arquivo de saída

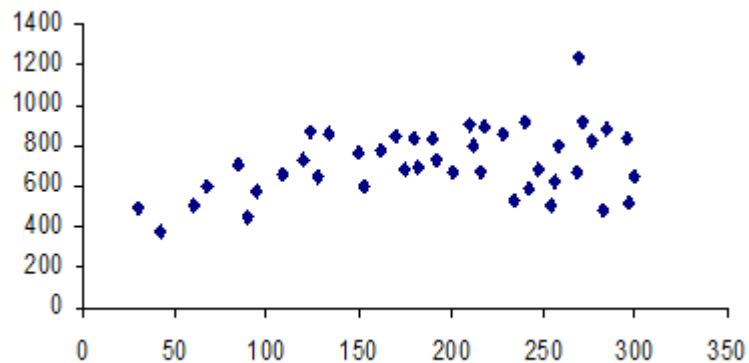
PAIRS	DISTANCE	PRODU
167	33.50	458.5
350	63.84	557.9
136	84.85	707.3
187	92.29	507.2
170	108.2	664.4
494	127.5	813.4
438	154.5	740.6
169	172.4	765.6
445	187.1	776.3
93	201.2	667.5
420	214.9	805.4
164	231.7	677.7
349	244.9	650.9
209	261.6	707.7

Distância máxima e número de passos

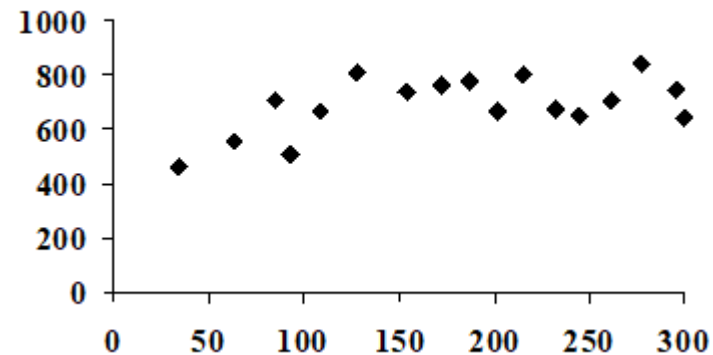
Distância máxima: Usualmente 60% da diagonal ou maior distância da área

Escolha do número de passos:

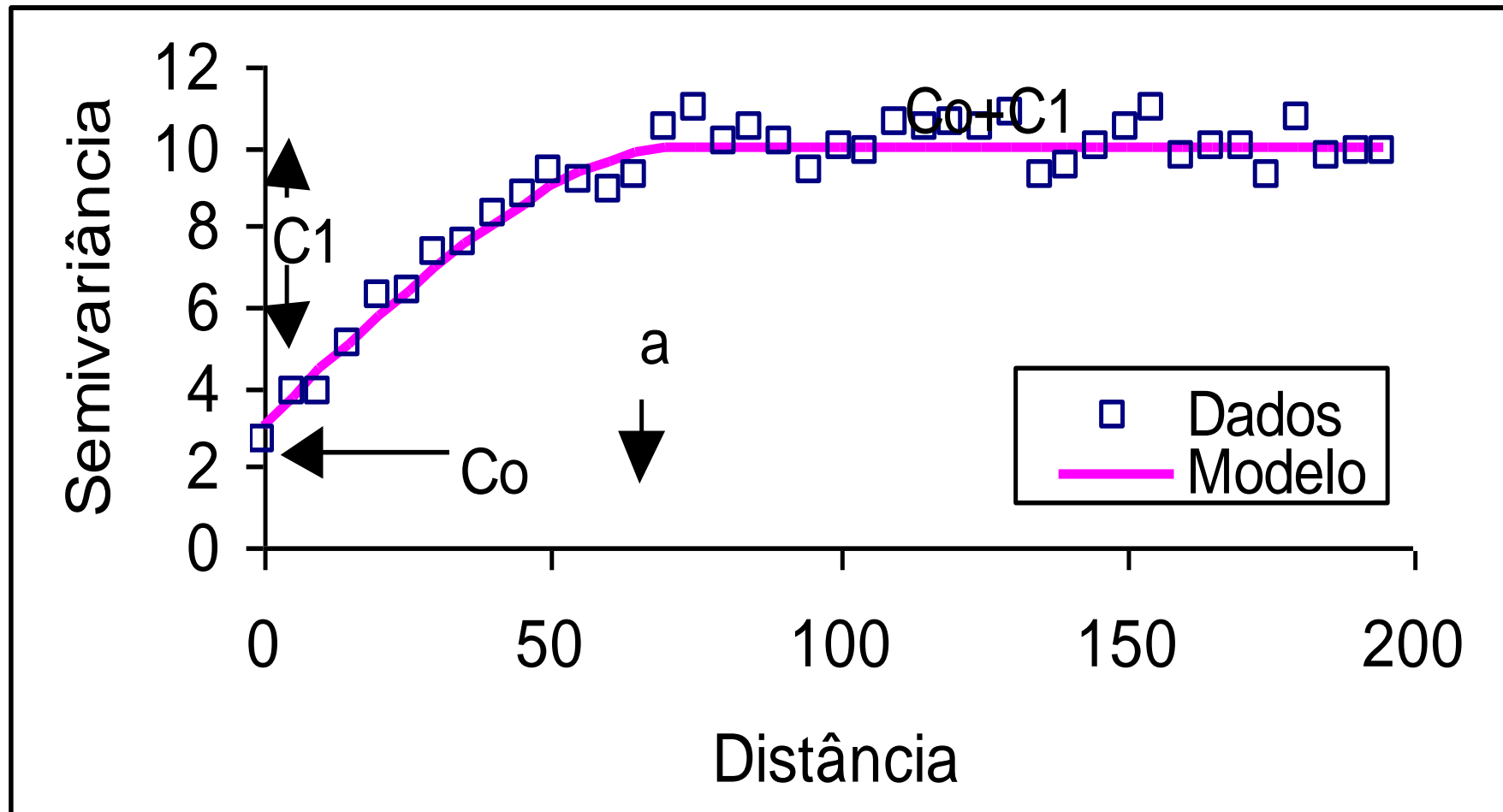
PASSO 1



PASSO 15



Características do semivariograma

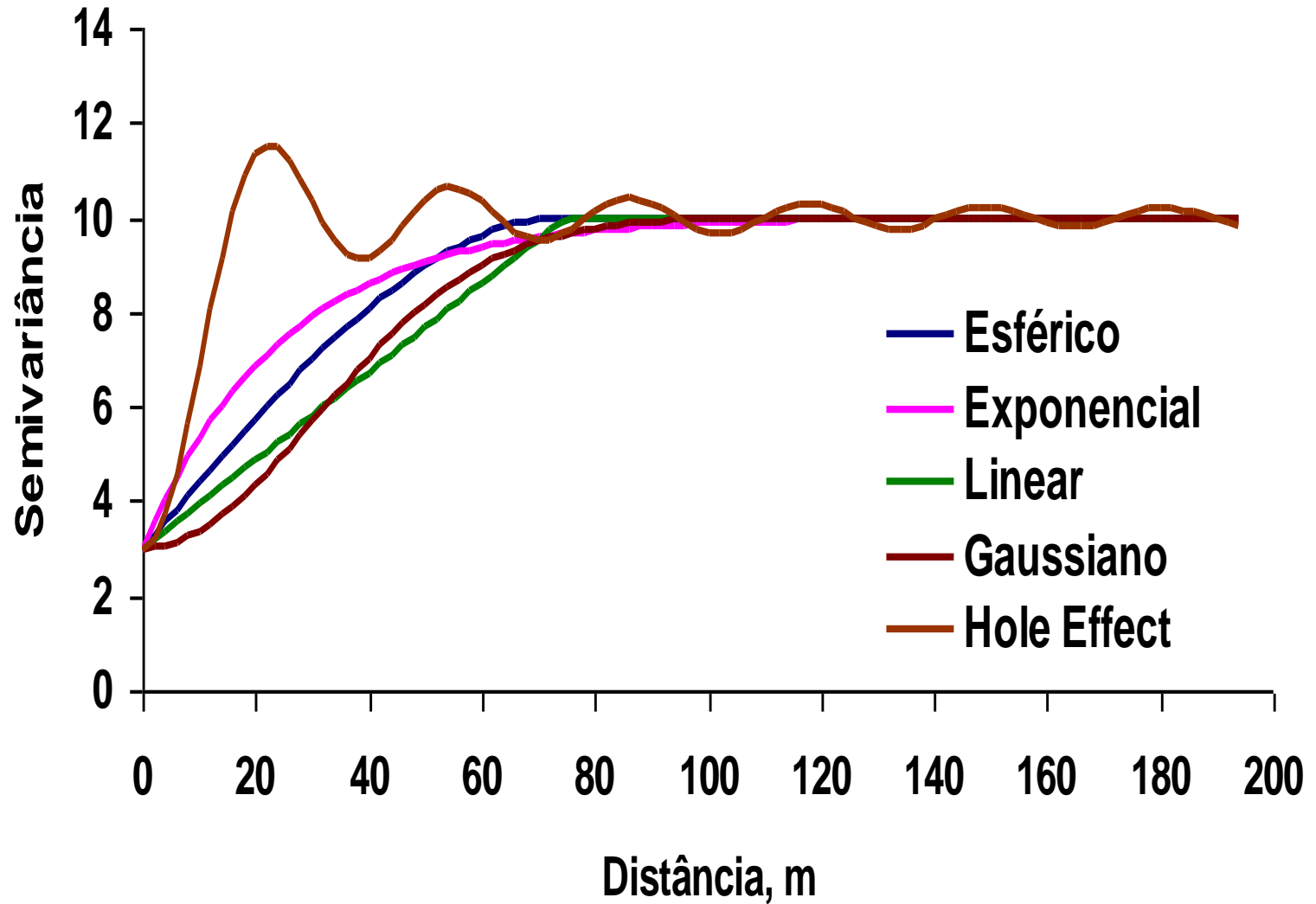


AJUSTE E VALIDAÇÃO DO SEMIVARIOGRAMA

Ajuste do modelo ao semivariograma é o aspecto mais importante da aplicação da Geoestatística

O modelo tem que ter positividade definida condicional.

MODELOS DE AJUSTE



MODELOS DE AJUSTE MAIS UTILIZADOS

- Esférico: 95% dos casos

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{3}{2}(h/a) - \frac{1}{2}(h/a)^3 \right] \quad 0 < h < a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \quad h \geq a$$

Duas estruturas.

Seleciona-se o efeito pepita, C_0 , e o patamar, $C_0 + C_1$.

Exponencial:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1[1 - \exp(-3h/a)] \quad 0 < h < d$$

Uma estrutura. d =máxima
distância
Modelo atinge patamar
assintoticamente.

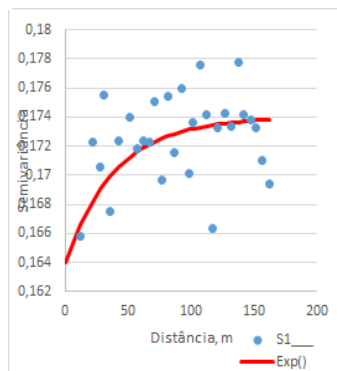
Gaussiano:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-3 h^2 / a^2)]$$

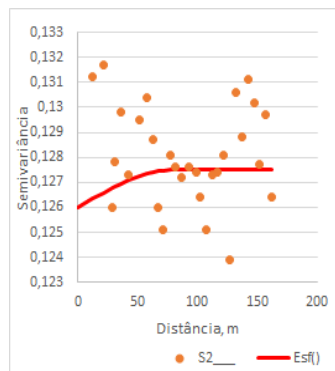
Uma estrutura. Representa o processo mais contínuo possível nas menores distâncias

Tem um ponto de inflexão logo nas primeiras distâncias

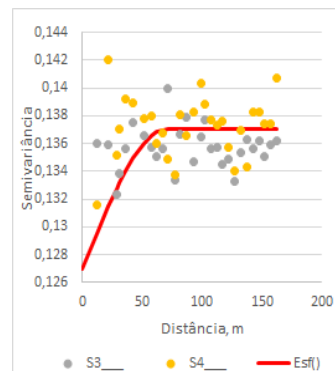
a)



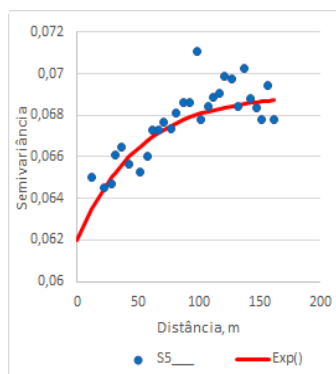
b)



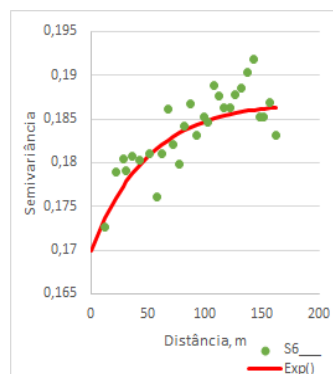
c)



d)



e)



a) Semivariograma S1 b) Semivariograma S2

c) Semivariograma escalonado S3 e S4

d) Semivariograma S5 e) Semivariograma S6

	S2	S3 E 4	S5	S6	S1	MODELO
co	0.126	0.127	0.062	0.17	0.164	ESF
c1	0.0015	0.01	0.007	0.017	0.01	ESF
a	80	70	150	150	120	EXP
r2	-0.29117	-0.85147	0.6624275	0.6315653	0.048324	EXP
gd	1.176471	7.29927	10.144928	9.0909091	5.747126	EXP

De acordo com as simulações são obtidos diferentes graus de dependência espacial.

Houve mesmo comportamento espacial para S3 e S4.

6 - Krigagem

Interpolação

- Espacializar dados distribuídos num espaço**
- Presume valores para locais não amostrados a partir de qualquer conjunto de dados geográficos amostrados**
- Os métodos podem variar de acordo com o fenômeno que se está estudando e com a forma como os pontos de amostragem são distribuídos**

Métodos de interpolação

Métodos determinísticos - Baseados nas determinações adjacentes ou em formulas matemáticas que determinam a suavização da superfície resultante: Inverso da Distancia (IDW), média móvel...

Método geoestatístico – Baseados no conceito das variáveis regionalizadas. Os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseado no semivariograma. Produz num modelo de superfície, medições de exatidão e acurácia da superfície modelada: Krigagem.

KRIGAGEM

Método de interpolação geoestatística que, usando a dependência espacial de uma única variável, interpola valores para locais não medidos sem viés e com variância mínima.

Nome foi dado em homenagem ao sul africano D. G. Krige

Krigagem Ordinária: É a mais geral e amplamente utilizada.
Satisfaz a maioria dos problemas da estimativa. As relações espaciais são levadas em consideração usando as informações estruturais do semivariograma ajustado

Condição requerida: Dependência espacial

Krigagem interpola sem tendência e com variância mínima

Krigagem Ordinária

Há necessidade de se conhecer os parâmetros de ajuste do semivariograma

Estimativa = combinação linear de valores medidos:

$$Z_{OK}^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

N= número de valores medidos, $Z(x_i)$, envolvidos na estimativa, e λ_i são os pesos associados.

7 – Construção do mapa de contorno no SIG

Exportar dados interpolados no QGIS;

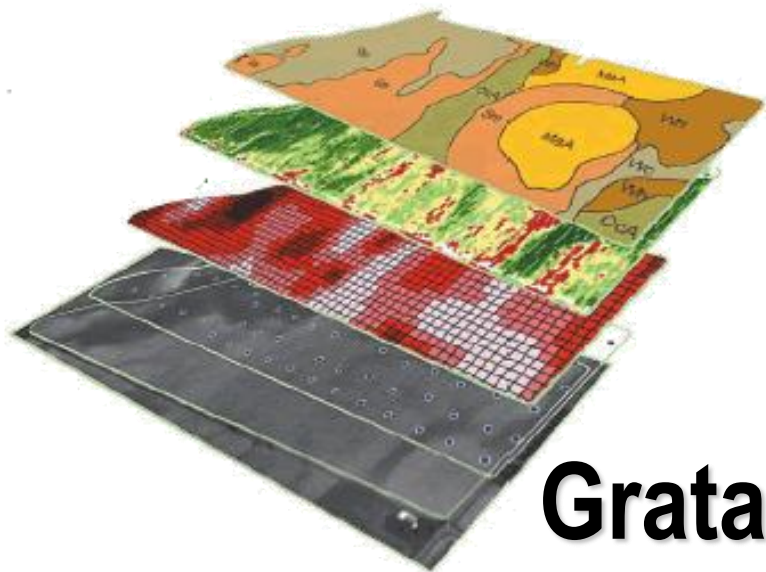
Utilizar shape de bordas da área a ser mapeada



8 – Considerações finais

A obtenção de dados interpolados e mapeados de forma precisa considerando a variabilidade espacial pode ser feita utilizando a geoestatística;

A geoestatística auxilia nas decisões do gerenciamento do sistema de produção agropecuários.



Grata pela atenção

Contato: celia.grego@embrapa.br

