



Rem: Revista Escola de Minas

versão impressa ISSN 0370-4467

Rem, Rev. Esc. Minas v.54 n.4 Ouro Preto out./dez. 2001

doi: 10.1590/S0370-44672001000400005

## Mineração

# Impacto do agrupamento preferencial de amostras na inferência estatística: aplicações em mineração

Luis Eduardo de Souza

Eng. de Minas, Mestrando do PPGEM, UFRGS - E-mail: [esouza@ufrgs.br](mailto:esouza@ufrgs.br)

Anderson L. Weiss

Eng. de Minas, Mestrando do PPGEM, UFRGS - E-mail: [anderson.weiss@ufrgs.br](mailto:anderson.weiss@ufrgs.br)

João Felipe C.L. Costa

Eng. de Minas, Prof. Dr. do DEMIN, UFRGS - E-mail: [jfelipe@ufrgs.br](mailto:jfelipe@ufrgs.br)

Jair Carlos Koppe

Eng. de Minas/Geól., Prof. Dr. do DEMIN, UFRGS - E-mail: [jkoppe@ufrgs.br](mailto:jkoppe@ufrgs.br)

### Serviços

-  Serviços customizados
-  Artigo em XML
-  Referências do artigo
-  Curriculum ScienTI
-  Como citar este artigo
-  Acessos
-  Citado por SciELO
-  Similares em SciELO
-  Tradução automática
-  Enviar este artigo por email

## Resumo

O agrupamento preferencial de amostras é freqüente em estudos na área de mineração e geociências. A utilização de amostras para estimativas de parâmetros estatísticos da população requer que a amostragem seja representativa da área de interesse e/ou da população. Tal representatividade pode ser obtida pelo planejamento cuidadoso do sistema ou padrão de amostragem e pode ser questionada sempre que os dados não estejam igualmente dispersos pela área. Nesse estudo, foram utilizadas duas técnicas de desagrupamento: o Método da Poligonal e o Método da Célula Móvel. Analisam-se a aplicabilidade dos métodos e o impacto da amostragem preferencial sobre a estatística básica em dois bancos de dados distintos. O Método da Poligonal forneceu uma resposta direta, única e com metodologia mais facilmente compreensível pelo usuário, contribuindo favoravelmente para sua adoção. Testou-se também o método da entropia estatística para auxiliar na determinação do tamanho de célula mais apropriado, quando utilizado o Método de Células Móveis. Os dois métodos estudados apresentaram resultados estatísticos semelhantes, porém distintos dos parâmetros estatísticos calculados para os dados agrupados, atestando o viés estatístico gerado ao ignorar o efeito do agrupamento preferencial.

**Palavras-chave:** amostragem preferencial, métodos de desagrupamento, entropia estatística.

## Abstract

*Preferential sampling or clustering is frequently found in mining and earth sciences applications. Reliable statistics for a population are obtained when representative samples are available. Such representativeness can be achieved by a proper sample design covering evenly the area. This paper investigates two declustering methods to obtain unbiased statistics where clustered samples are available, namely the polygonal and the cell-declustering method. The impact of clustering is analysed for two different datasets. Polygonal method proved to be simpler as it provides an unique solution easily to be understood by the user. In relation to the cell-declustering method, a methodology to calculate the statistical entropy was implemented to help in determining the most appropriate cell size. The two methods lead to similar declustered statistics. However the final statistics showed a large difference when compared to the statistics obtained for the clustered dataset.*

**Keywords:** *preferential sampling, declustering methods, statistical entropy.*

## 1. Introdução

A amostragem é dita preferencial quando a localização das amostras não é regular ou aleatoriamente distribuída. Diversos fatores podem fazer com que subáreas sejam preferencialmente amostradas, quais sejam:

- Condições de acessibilidade. Áreas próximas a estradas ou fazendas são mais fáceis de serem amostradas que terrenos acidentados ou de mata densa.
- Valores de atributos esperados. A amostragem é freqüentemente adensada em áreas que são julgadas críticas, por exemplo, com altos teores ou grande concentração de metais.
- Estratégia de amostragem. Amostras agrupadas podem ter sido coletadas para caracterizar a variabilidade de curto alcance, para auxiliar na análise variográfica.

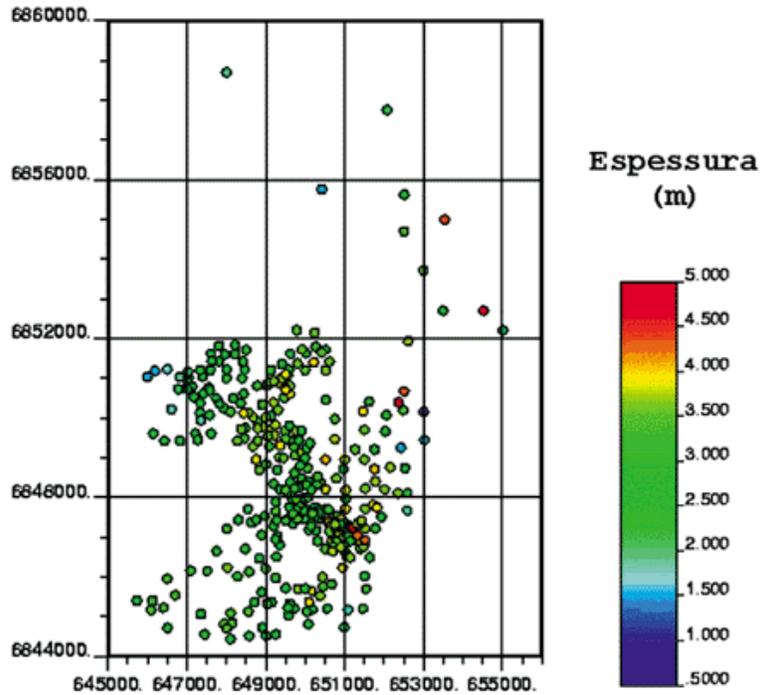
Mesmo que zonas de altos ou de baixos valores não tenham sido propositalmente atingidas, qualquer amostragem preferencial é passível de impactar o resultado estatístico dos dados. Um procedimento para correção de amostragem preferencial consiste em reter unicamente os dados regularmente espaçados. Esse enfoque é apropriado para bancos de dados que incluam quantidade suficiente de informações para garantir confiabilidade para a inferência.

Quando os dados são esparsos e não permitem que sejam ignorados valores agrupados, é preciso utilizar algum mecanismo que, atribuindo pesos aos dados, atenua ou modera a influência desses. Intuitivamente, dados em áreas densamente amostradas poderiam receber menos peso que aqueles em áreas esparsamente amostradas. Tal ponderação equivale ao desagrupamento dos dados.

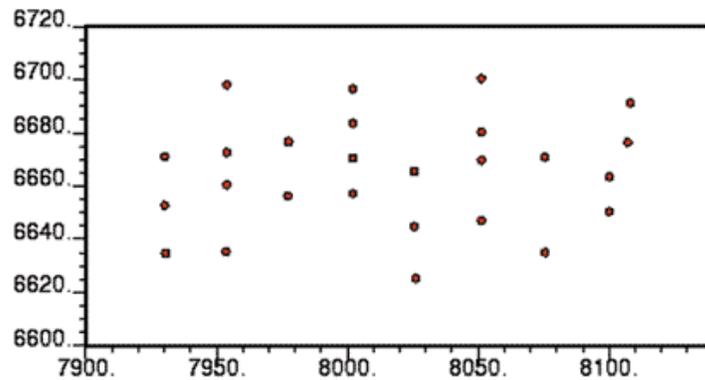
Nesse trabalho, dois bancos de dados (2D e 3D) são apresentados com o objetivo de avaliar o impacto que a amostragem preferencial tem sobre a inferência estatística. Para ilustrar esse impacto, duas técnicas de desagrupamento serão exploradas: o Método da Poligonal (Isaaks & Srivastava, 1989) e o Método da Célula Móvel (Journel, 1983; Deutsch, 1989). Além disso, é introduzida uma ferramenta baseada na medida da entropia estatística (Shannon, 1948; Christakos, 1990; Journel & Deutsch, 1993), de maneira a permitir uma tomada de decisão mais segura sobre o tamanho de célula mais apropriado, isto é, aquele que vai fornecer pesos para cálculo dos parâmetros estatísticos adequados.

## 2. Descrição dos dados

Dois bancos de dados foram utilizados: um com informações em 2D e outro banco com informações em 3D. O mapa de localização dos furos de sondagem do banco de dados 2D é apresentado na [Figura 1](#) e, na [Figura 2](#), é apresentada a localização dos furos de sondagem do banco de dados 3D.

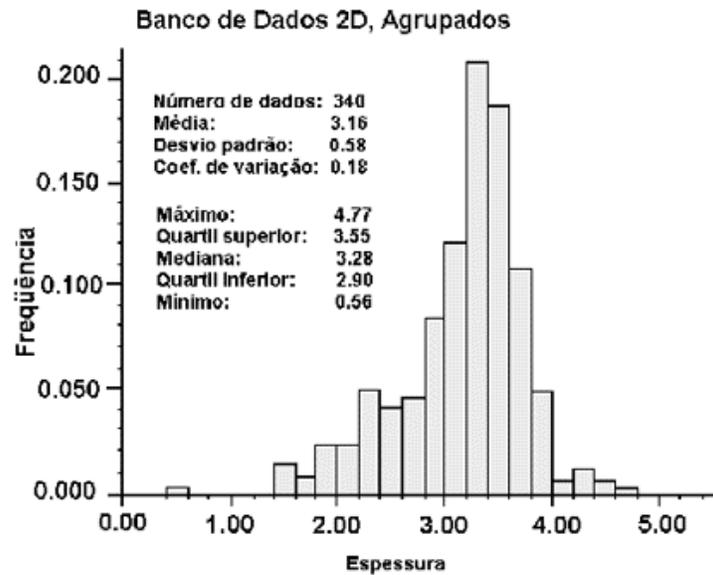


**Figura 1** - Mapa de localização dos furos de sondagem do banco de dados 2D utilizado.



**Figura 2** - Mapa de localização dos furos de sondagem do banco de dados 3D utilizado.

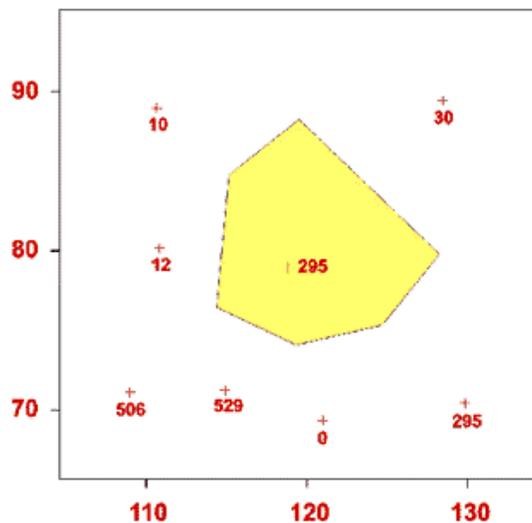
O banco de dados 2D consiste de 340 furos de sondagem com dados de espessura de camada de carvão, enquanto o banco de dados 3D é constituído de 26 furos de sondagem com dados de teor de Au (g/t). Como a análise não foi efetuada num espaçamento regular ao longo do furo, para o banco de dados 3D, a primeira providência foi efetuar essa regularização pela composição em amostras de igual suporte, resultando em um banco composto por uma informação a cada 5 m de furo. As medidas de estatística descritiva dos dados agrupados de ambos os bancos de dados é apresentada nas [Figuras 3 e 4](#).



**Figura 3** - Medidas de estatística descritiva dos dados agrupados do banco de dados 2D utilizado.

### 3. Desagrupamento pelo Método da Poligonal

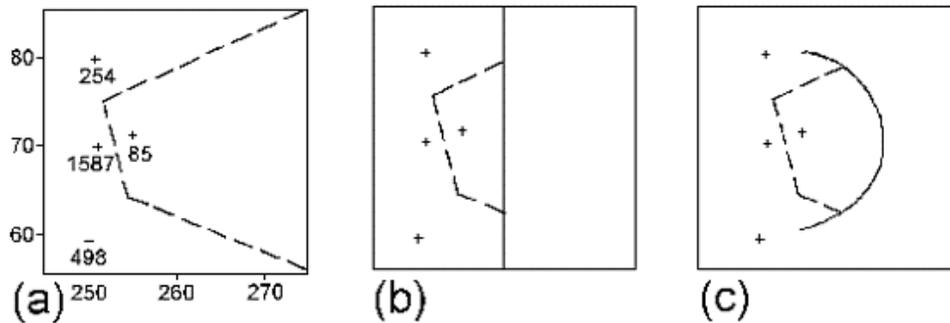
Esse é um método de desagrupamento em que os pesos atribuídos às amostras são diretamente proporcionais à área do Polígono de Voronoi ao seu redor. Em zonas de dados agrupados, as áreas dos polígonos tendem a ser pequenas, recebendo, então, pesos menores. A [Figura 5](#) ilustra o procedimento para geração do Polígono de Voronoi no entorno da amostra 328, onde as arestas do polígono gerado estão à meia distância em relação às demais amostras na circunvizinhança.



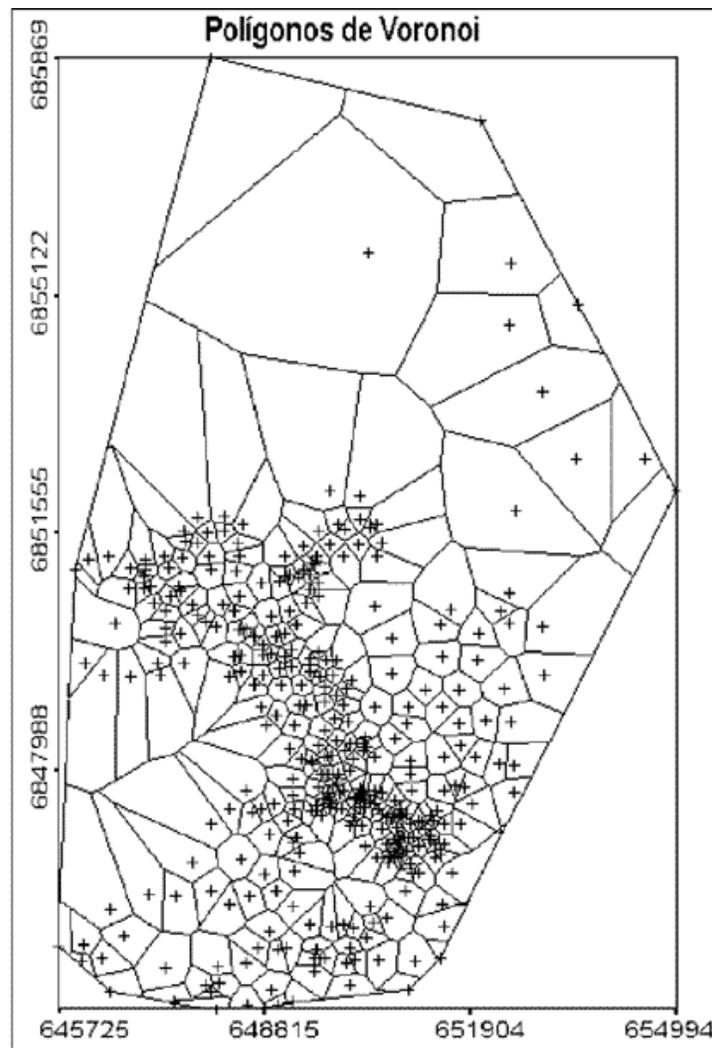
**Figura 5** - Polígono de influência da amostra (Polígono de Voronoi).

As extremidades da área global recebem um tratamento diferenciado. Uma amostra localizada perto de uma das extremidades da área de interesse pode não estar completamente cercada por outras amostras, podendo

acarretar a impossibilidade de se ter um polígono fechado. Uma solução seria a escolha de um limite natural, imitando um contato geológico, ou mesmo o limite da jazida. Outra maneira seria fechar o polígono com um arco, com raio definido pelo maior segmento delimitado, a 90° desse (Figura 6). A solução adotada pelo software 3Plot (Kanevski *et al.*, 1998) é definir como limite a linha que une os furos mais externos (Figura 7).



**Figura 6** - Soluções para fechamento do polígono nas extremidades da área global, pela definição de um limite arbitrário (b) ou por um arco (c).



**Figura 7** - Polígonos de Voronoi para o banco de dados 2D.

Os pesos atribuídos a cada amostra desagrupada dependem da área de influência da mesma. A média desagrupada das amostras é dada pela seguinte expressão:

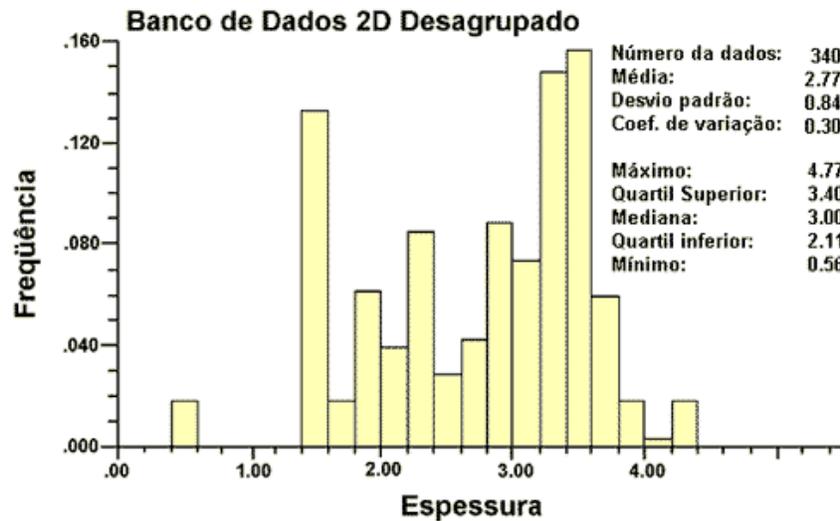
$$m = \frac{1}{A} \sum_{\alpha=1}^n \omega_{\alpha} \cdot z(u_{\alpha}) \quad (1)$$

onde  $m$  é a média desagrupada dos dados,  $A$  é o somatório de todas as áreas dos polígonos,  $w_{\alpha}$  é a área do polígono centrado em  $u_{\alpha}$  e  $z(u_{\alpha})$  é o valor da variável resposta observado na amostra. O resultado gráfico da geração de Polígonos de Voronoi obtido com o 3Plot para o banco de dados 2D é apresentado na [Figura 7](#).

O 3Plot, além de produzir o mapa com as áreas de influência delimitada para cada amostra, também gera uma tabela com as áreas para cada amostra e, conseqüentemente, torna-se possível determinar os pesos, conforme mostra a [Figura 8](#). Dessa maneira é possível calcular a média desagrupada da amostragem, como ilustrado para o banco de dados 2D ([Figura 9](#)).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	x	y		Espessura (m)	Área do Polígono ( m <sup>2</sup> )	Área x z	Peso			Media dos Valores
2		645725	6845379	2.98	119 709.20	355 733.42	0.00129			m= 2.77
3		645973	6851013	1.45	74 659.02	108 255.58	0.000805			
4		646066	6845148	3.37	70 032.42	238 009.26	0.000755			
5		646110	6845390	3.2	218 646.00	699 667.20	0.002356			
6		646135	6849597	2.3	249 825.60	574 598.88	0.002692			
7		646175	6851162	1.45	170 876.10	247 770.35	0.001842			
8		646387	6845204	3.38	208 121.20	703 449.66	0.002243			
9		646406	6849422	2.35	1 282 440.00	3 013 734.00	0.013821			
10		646485	6851205	1.65	829 003.40	1 367 855.61	0.008934			
...										
337		653015	6849439	1.56	683 659.00	1 066 508.04	0.007368			
338		653489	6852694	2.83	1 689 363.00	4 780 897.29	0.018207			
339		653514	6854974	4.35	597 670.10	2 599 864.94	0.006441			
340		654519	6852694	4.6	899 704.40	4 138 640.24	0.009696			
341		654994	6852194	1.99	844 276.00	1 680 109.24	0.009099			
342					<b>92 787 928.46</b>	<b>257 060 321.85</b>	<b>1.00</b>			
343					Area Total	Somatório	Somatório			
344										

**Figura 8** - Planilha utilizada para cálculo dos pesos e da média a partir das áreas dos Polígonos de Voronoi.



**Figura 9** - medidas de estatística descritiva dos dados desagrupados do banco de dados 2D.

#### 4. Desagrupamento pelo método de células móveis

Nesse método, a área total é dividida em regiões retangulares chamadas de células. Cada amostra recebe um peso inversamente proporcional ao número de amostras que caem dentro da mesma célula. Amostras agrupadas, de maneira geral, receberão pesos baixos com esse método, pois as células nas quais elas estão localizadas conterão diversas outras amostras.

A [Figura 10](#) mostra uma malha de células sobre um conjunto de amostras agrupadas. As linhas tracejadas são os limites de células de 20 x 20 m. Cada amostra receberá um peso de acordo com o postulado nas equações (2) e (3):

$$\lambda_{\alpha} = \frac{1}{B \cdot n} \quad (2)$$

$$m = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} \cdot z(u_{\alpha}) \quad (3)$$

onde:

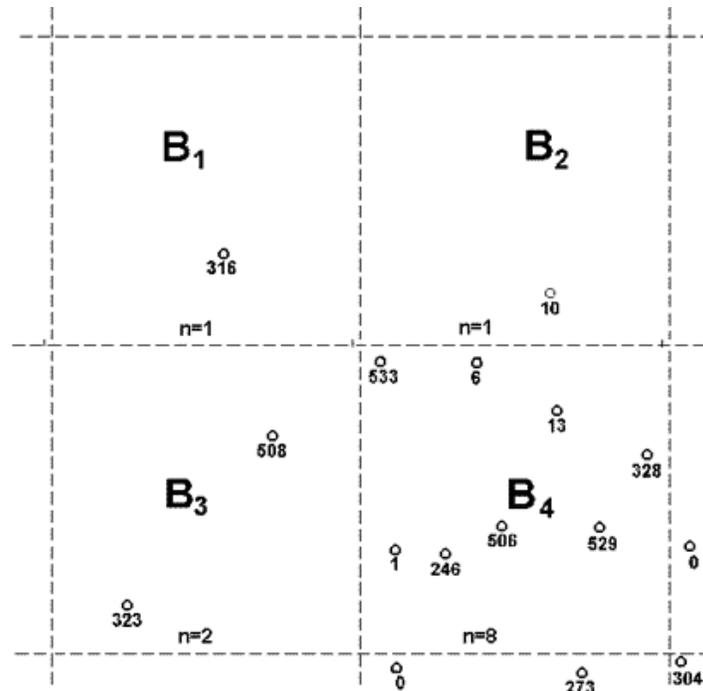
B = número de células.

n = número de dados em cada célula.

$\lambda_{\alpha}$  = peso.

$z(u_{\alpha})$  = valor da variável respondido no ponto.

m = média desagrupada dos dados.



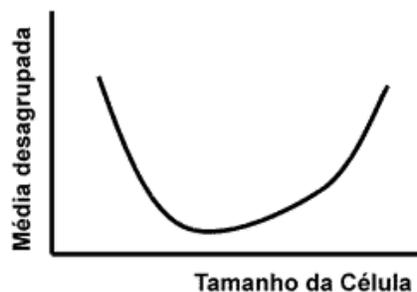
**Figura 10** - Um exemplo de desagrupamento por células móveis.

Existem dois parâmetros-chave do método:

- Tamanho de célula.
- Localização da célula no grid (origem e orientação).

Amostras agrupadas são frequentemente adicionadas a uma malha regular já existente, daí um tamanho de célula adequado para o desagrupamento seria o espaçamento dessa malha original, sendo que o centro da célula deve corresponder a um nó da malha. Quando o padrão de amostragem não sugere um tamanho natural de célula, vários tamanhos e origens devem ser tentados. Salienta-se que, se as células são muito pequenas, então cada amostra possivelmente cairá dentro de uma célula, logo todas as amostras receberão o mesmo peso, ou seja, 1.

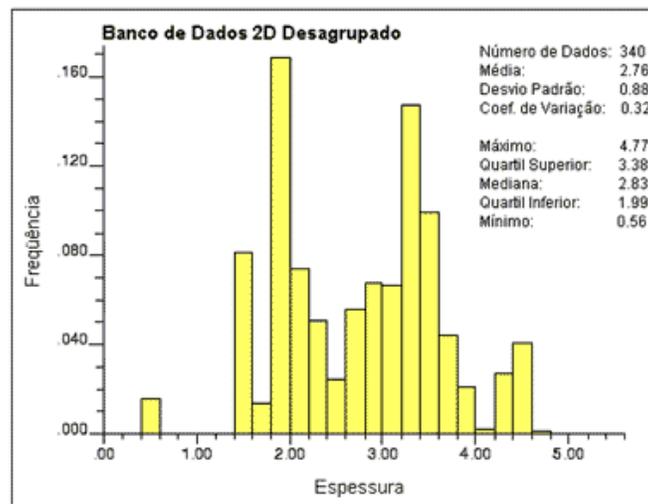
Por outro lado, se for escolhido um tamanho de célula muito grande, comparável com o tamanho da área em estudo, praticamente todas as amostras cairão dentro da mesma célula e, novamente, receberão pesos iguais. De fato, em algum lugar entre esses extremos, está o tamanho ideal de célula. Se as amostras estiverem agrupadas em zonas de altos teores, o método deve procurar a menor média desagrupada para diferentes tamanhos de células, assemelhando-se ao gráfico da [Figura 11](#).



**Figura 11** - Variação da média com o aumento do tamanho de célula, para amostragem preferencial em zonas de alto teor.

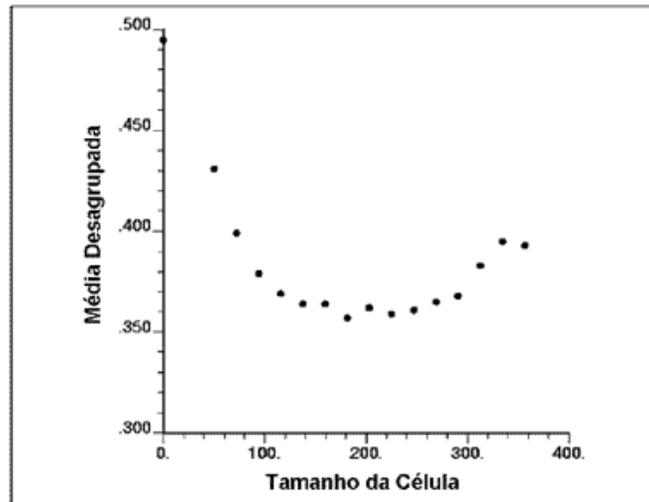
No caso de modelos 3D, as células tornam-se blocos retangulares. As dimensões dos blocos não são mais tão óbvias como em 2D, porém procura-se estabelecer um leque de dimensões de blocos coerente com a malha amostral, de tal forma que minimize (ou maximize) a estimativa da média global. Para verificar o comportamento da média desagrupada em relação ao tamanho máximo de célula, esse parâmetro é alterado até atingir um tamanho tal que englobe praticamente todas as amostras. Na [Figura 12](#), é apresentada a evolução dessa análise para o banco de dados 2D.

Constatou-se que, a partir de um tamanho de célula de aproximadamente 4000 m, há uma tendência de aumento dos valores da média, além de uma clara instabilidade nos valores obtidos. Apesar de terem sido encontrados valores de média desagrupada inferiores além desse tamanho de célula, os mesmos foram desconsiderados por estarem num tamanho de célula tal que praticamente englobariam toda a área de estudo. Na [Figura 13](#), é apresentada, portanto, a estatística básica desagrupada do banco de dados 2D, para o tamanho de célula de 4000 m.



**Figura 13** - Estatística básica dos dados desagrupados do banco de dados 2D.

Na [Figura 14](#), é apresentada a análise do comportamento da média à medida que se aumenta o tamanho de célula para o banco de dados 3D. A [Figura 15](#) apresenta a estatística básica desagrupada do banco de dados 3D, para o tamanho de célula de 200 x 200 x 20 m (em x, y e z, respectivamente).



**Figura 14** - Evolução da média desagrupada à medida que se aumenta o tamanho de célula máximo para o estudo em 3D.

## 5. Método da entropia estatística

A entropia de uma variável discreta aleatória  $X$  é definida como:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^N p_i \cdot \ln p_i \quad (4)$$

onde  $N$  é o número total de possíveis resultados de  $X$ , e  $p_i$  é a probabilidade associada ao  $i$ ésimo resultado.  $H(X)$  pode ser interpretado como a quantidade de incerteza que existe sobre o valor de  $X$  e/ou a quantidade média de informações recebidas quando o valor de  $X$  é observado.

Considerando-se uma variável aleatória discreta  $V$ , definida em um domínio espacial  $D$ , tal que todas  $N$  valores possíveis de  $V$  ( $v_1, v_2, \dots, v_N$ ) estão associadas a um grupo de amostras de tamanhos iguais que compõe o domínio  $D$ , a entropia  $H(V)$  é definida como:

$$H(V) = -\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \cdot \ln\left(\frac{1}{N}\right) = -\ln\left(\frac{1}{N}\right) \quad (5)$$

Se cada resultado possível de  $X$  tem uma igual probabilidade de ocorrência, então  $H(V)$  é máximo. Para qualquer outro grupo de pesos desiguais,  $H(V) < -\ln(1/N)$ .

Agora considere uma amostragem limitada  $U$  de  $V$ , com  $L$  amostras  $u_i$ , onde  $i = 1, 2, \dots, L$  e sendo  $L < N$ . A entropia das amostras de  $U$  pode ser medida como:

$$H(U) = -\sum_{i=1}^L w_i \cdot \ln w_i \quad (6)$$

onde  $w_i \in [0, 1]$  são os pesos associados às amostras  $u_i$  e  $\sum w_i = 1$ . Se  $U$  é escolhido através de um espaçamento regular amostral, tal que os  $w_i$  são iguais a  $1/L$ , a entropia dessa amostragem regular  $U_t$  é

$$H(U_t) = -\sum_{i=1}^L \frac{1}{L} \cdot \ln\left(\frac{1}{L}\right) \begin{cases} = -\ln\left(\frac{1}{L}\right) \\ < -\ln\left(\frac{1}{N}\right) \end{cases} \quad (7)$$

A escolha de  $w_i=1/L$  maximiza o valor de  $H(U)$  e, por conseguinte, minimiza o valor de  $H(V) - H(U)$ . Isto é interpretado da seguinte forma: a amostragem regular  $U_i$  de  $V$  fornece o máximo de informações possíveis sobre  $V$  para um número de amostras  $L$ . Para qualquer outro não-regular ou agrupado grupo de amostras  $U_c$  com  $L$  amostras, tal que  $w_i$  não é igual a  $1/L$ ,  $H(U_c) < H(U_i)$ .

Portanto busca-se um grupo ótimo de pesos  $w_i$ , tal que  $H(V) - H(U_c)$  é máximo. Na prática, essa diferença pode ser maximizada através da minimização de  $H(U_c)$ , usando as mesmas condições apresentadas no Método da Célula Móvel, ou seja, os pesos  $w_i$  são diretamente proporcionais à área de influência da amostra  $u_i$ . Usa-se o mecanismo de células móveis para encontrar o grupo ótimo de pesos que minimizem  $H(U_c)$ .

O código do programa *declus.f* do GSLIB foi alterado de maneira que fosse obtido  $H(U_c)$  para cada tamanho de célula estipulado, pela aplicação da equação 6 (Figura 16). O arquivo de parâmetro não necessitou nenhum ajuste e os valores de  $H(U_c)$  foram gravados no arquivo de sumário padrão do *declus*, conforme pode ser visto na Figura 17.

```

end do
vrcr = sunwg / sumw
c
c -----
c Rotina para calculo da Entropia
c
    tmp=0.0
    entropia=0.0
    facto = real(nd) / sumw
    do i = 1,nd
        wopt(i) = wt(i) * facto
        tmp1 = wopt(i)
        tmp=tmp1 * log(tmp1)
        entropia=entropia+tmp
    end do
c
    tmp2=0.0
    tmp2=entropia*(-1)
c -----
c ----- Alterada saida para o *.sum -----
c adicionada a variavel tmp2
c
    write (lsum,300) xcs,vrcr,tmp2
c
c -----
c see if this weighting is optimal:
c
    if ( (min.and.vrcr.lt.vrop) .or. (.not.min.and.vrcr.gt.vr

```

**Figura 16** - Principal alteração feita no código fonte do *declus.f*, onde é calculada  $|H(U_c)|$ .

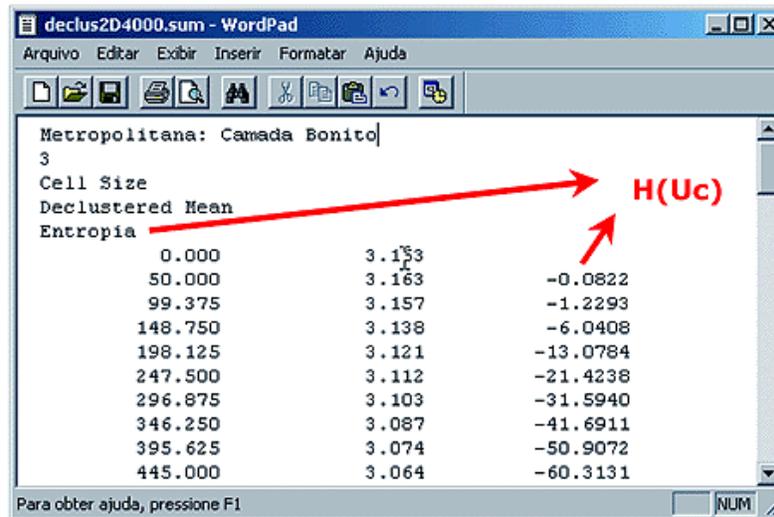


Figura 17 - Arquivo de sumário (\*.sum) do programa declus.f alterado.

A mesma tendência de instabilidade encontrada anteriormente (quando se compararam o tamanho de célula e a média desagrupada) voltou a se verificar a partir do tamanho de célula de aproximadamente 4000 m, para o banco 2D. Na Figura 18, pode-se observar, apesar da instabilidade caracterizada pelas oscilações e presenças de picos, uma clara tendência de estabilização dos valores de  $|H(U_c)|$ , a partir da célula com 4000 m. Esses pesos foram utilizados para se obter a estatística desagrupada.

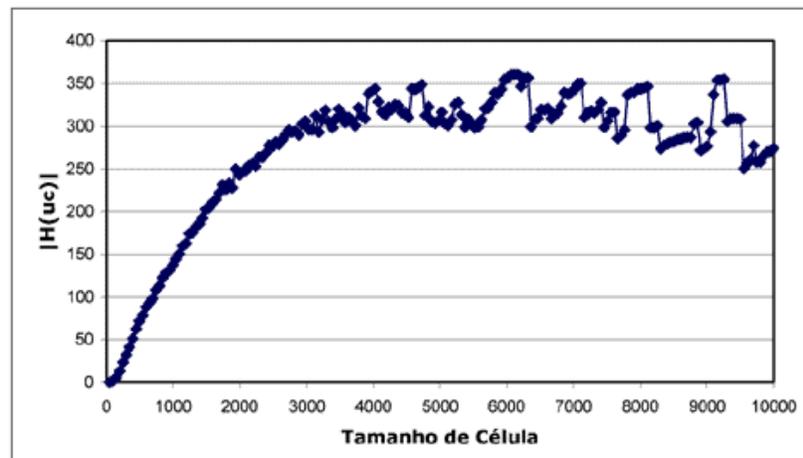
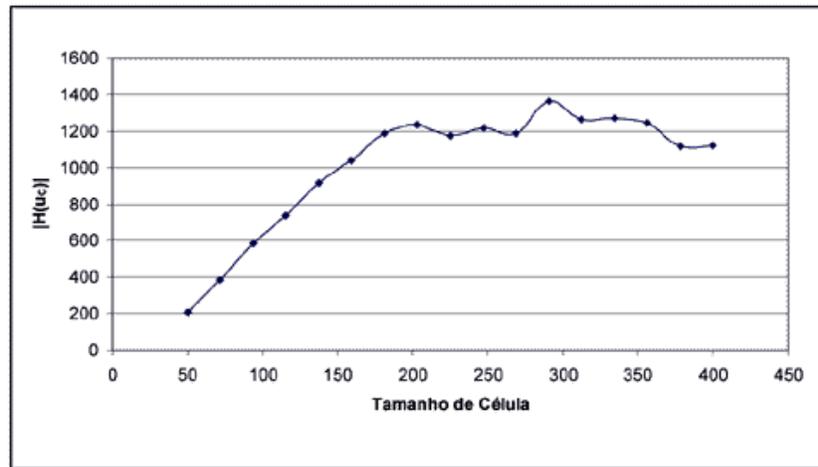


Figura 18 - Comportamento de  $|H(U_c)|$  do banco 2D, à medida que se aumenta o tamanho de célula máximo.

Na Figura 19, é apresentada a análise do comportamento de  $|H(U_c)|$  com o aumento do tamanho de célula no caso em 3D. Assim como aconteceu para o exemplo anterior, considerou-se como tamanho de célula ideal o ponto onde se dá a estabilização da curva, no caso, em 200 m, apesar de o maior valor de  $|H(U_c)|$  se dar em aproximadamente 300 m.



**Figura 19** - Comportamento de  $|H(U_c)|$  do banco 3D, à medida que se aumenta o tamanho de célula máximo.

## 6. Conclusões

Os resultados apresentados demonstram o risco em se assumir que as medidas estatística descritiva de dados preferencialmente amostrados seja representativa da distribuição real da população. No resumo comparativo apresentado na [Tabela 1](#), pode-se notar que os valores de média e desvio obtidos pelos dois métodos de desagrupamento são bastante semelhantes. Em relação ao valor da média agrupada, no entanto, as variações são da ordem de 13% e 26%, para os bancos de dados 2D e 3D, respectivamente.

**Tabela 1** - Resultados obtidos pelos métodos de desagrupamento utilizados.

	Estatística Agrupada		Método de Desagrupamento		
			Células	Móveis	Poligonal
	2D	3D	2D	3D	2D
<b>Média</b>	3.16	0.49	2.76	0.36	2.77
<b>Desvio-Padrão</b>	0.58	0.66	0.88	0.56	0.84

A definição do tamanho de célula ideal, um dos pontos mais críticos na aplicação do Método de Células Móveis, foi tratada seguindo duas abordagens distintas, à medida que diferentes tamanhos de célula eram testados: pela evolução do valor da média e pela entropia estatística ( $H(U_c)$ ). Como esperado, as duas abordagens conduziram a resultados semelhantes, corroborando com a decisão referente à definição de qual seria o tamanho de célula que conferiria os resultados estatísticos menos tendenciosos. Amplamente divulgado e utilizado no módulo *declus.f* do GSLIB, operando bem, tanto em 2D, como em 3D, o Método das Células Móveis pode-se valer da análise da entropia como mais uma ferramenta na definição do tamanho de célula ideal.

Duas das principais desvantagens até então apresentada pelo Método da Poligonal eram a necessidade de definir limites de domínio e o fato de ele não estar implementado computacionalmente. Essas limitações parecem solucionadas com a disponibilização de ferramentas em ambiente amigável e com a distribuição livre (3Plot) dessas ferramentas. Também o método fornece uma resposta direta, única e com metodologia mais facilmente compreensível pelo usuário em geral, contribui favoravelmente para a sua adoção.

## 7. Referências Bibliográficas

SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, p. 379-623, 1948. [ [Links](#) ]

JOURNEL, A.G. Non-parametric estimation of spatial distributions. *Mathematical Geology*, v. 15, n. 3, p. 445-468, 1983. [ [Links](#) ]

ISAAKS, E.H., SRIVASTAVA, M.R. *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University Press, 1989. 561 p. [ [Links](#) ]

DEUTSCH, C.V. DECLUS: a Fortran 77 program for determining optimum spatial declustering weights. *Computers & Geosciences*, v. 15, n. 3, p. 325-332, 1989. [ [Links](#) ]

CHRISTAKOS, G. A bayesian/maximum-entropy view to the spatial estimation problem. *Mathematical Geology*, v. 22, n. 7, p.763-777, 1990. [ [Links](#) ]

JOURNEL, A.G, DEUTSCH, C.V. Entropy and spatial disorder. *Mathematical Geology*, v. 25, n. 3, p.329-355, 1993. [ [Links](#) ]

GOOVAERTS, P. Geostatistics for natural resources evaluation, New York: Oxford University Press, 1997. 483 p. [ [Links](#) ]

KANEVSKY, M., CHERNOV, S., DEMYANOV, V., SAVELIEVA, E., TIMONIN, V. e SEROV, A. *Geostat office - 3Plot program for windows*. Environmental Modelling and System Analysis Laboratory, Nuclear Safety Institute/Russian Academy os Sciences. <http://www.ibrae.ac.ru/~mkanev/>. 1998. [ [Links](#) ]

DEUTSCH, C.V., JOURNEL, A.G. *GSLIB: geostatistical software Library and user's guide*, New York: Oxford University Press, 1998. 369 p. [ [Links](#) ]

Artigo recebido em 18/09/2001 e aprovado em 16/11/2001.



Todo o conteúdo do periódico, exceto onde está identificado, está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#)

*Escola de Minas*

Praça Tiradentes, 20  
35400-000 Ouro Preto MG - Brazil  
Tel: (55 31) 3551-4730



[editor@rem.com.br](mailto:editor@rem.com.br)