

# ANÁLISE DE MALHAS DE AMOSTRAGENS E PROCESSOS DE INTERPOLAÇÃO NA REPRESENTAÇÃO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS POR MEIO DE MDTs

Roberto Hisayoshi SAMESHIMA\*

Jorge Kazuo YAMAMOTO\*\*

- **RESUMO:** Modelos digitais de terrenos (MDTs) são comumente utilizados para a representação de superfícies topográficas. Este trabalho apresenta um estudo sobre a influência da malha de amostragem e processos de interpolação envolvidos no cálculo de MDTs. As malhas de amostragem foram a sistemática, a orientada e a aleatória, enquanto os processos de interpolação foram os de triangulação e do inverso da potência da distância.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Modelos digitais de terrenos, malhas de amostragem; triangulação; inverso da potência da distância; processos de interpolação.

## Introdução

Modelos digitais de terrenos (MDTs) são utilizados para a representação da elevação do terreno, por meio de pontos cotados sobre uma malha topologicamente regular. Os pontos cotados podem ser lidos diretamente da carta topográfica ou então interpolados a partir de pontos de observação dispersos no terreno. Sendo a malha regular, não há necessidade de armazenamento das coordenadas dos pontos cotados e, por isso, o armazenamento é mínimo e a recuperação rápida. Além disso, como as informações de elevações do terreno são conhecidas sobre malha regular, elas estão prontas para diversas finalidades, como mapas de curvas de nível, projeção em perspectiva e cálculo de áreas e volumes, sem a necessidade de um processamento prévio.

Este trabalho enfoca o problema da representatividade da malha de amostragem na geração de MDT, bem como do processo de interpolação utilizado, aferindo os resultados obtidos por meio de cálculo de volumes do MDT em figuras geometricamente conhecidas.

\* Pós-Graduando do Instituto de Geociências - USP - 05508-900 - São Paulo - SP.

\*\* Departamento de Geologia Econômica - Instituto de Geociências - USP - 05508-900 - São Paulo - SP.

## Metodologia

Inicialmente foram escolhidas as figuras geométricas cone, tronco de cone, tronco de pirâmide e pilha de minério, conforme ilustradas na Figura 1. Em seguida foram definidas as malhas de amostragem denominadas sistemática, orientada e aleatória, respectivamente representadas nas Figuras 2, 3 e 4.

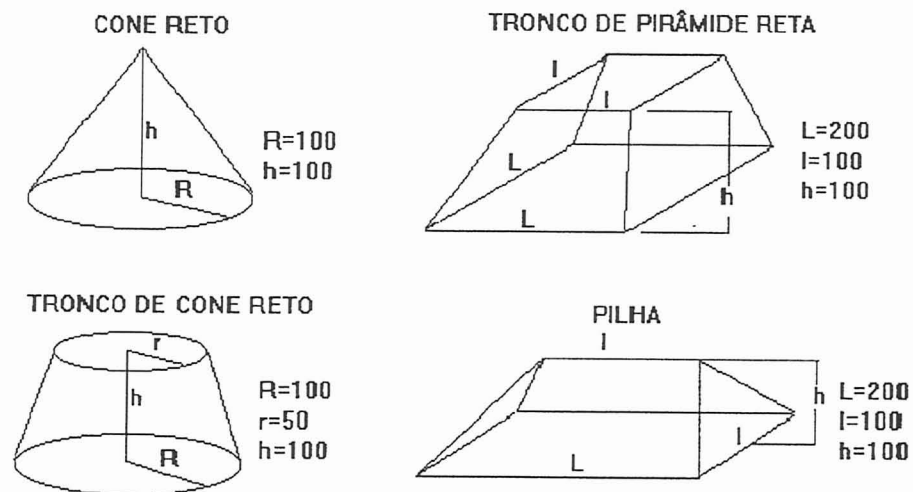


FIGURA 1 – Figuras geométricas utilizadas para aferição dos MDTs.

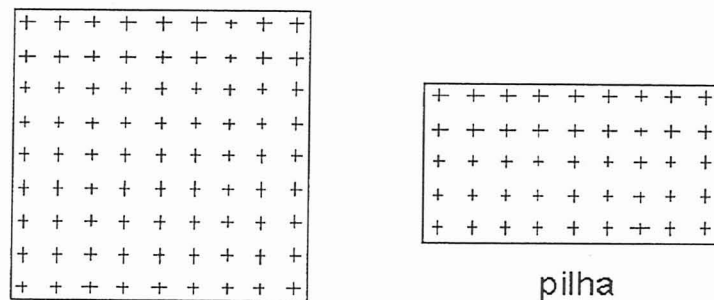


FIGURA 2 – Malha sistemática de pontos para a geração dos MDTs das figuras.

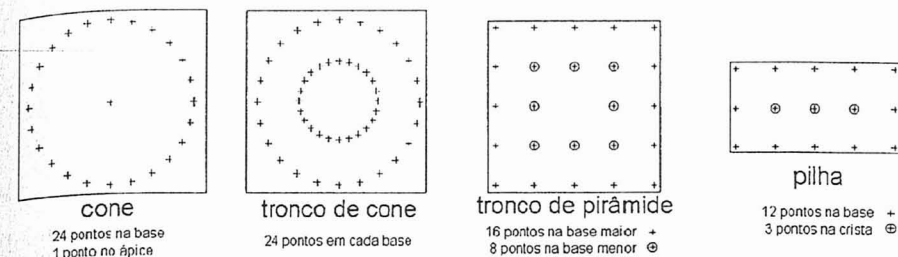


FIGURA 3 – Malha orientada de pontos para a geração dos MDTs das figuras.

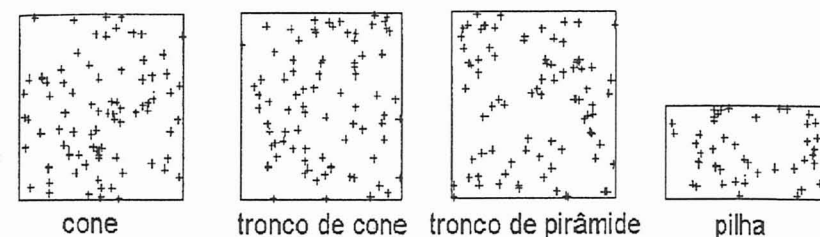


FIGURA 4 – Malha aleatória de pontos para a geração dos MDTs das figuras.

Conhecidas as malhas e as figuras geométricas, os valores teóricos de elevações foram calculados analiticamente.

Para a geração dos MDTs, foram utilizados dois métodos de interpolação: o inverso da potência da distância e a triangulação, dentro de um universo de mais de 30 processos de interpolação, segundo a revisão realizada por Franke.<sup>3</sup>

### Interpolação de MDT pelo inverso da potência da distância

O método do inverso da potência da distância foi escolhido por consistir no método presente na maioria dos programas comerciais de computação para tratamento de dados geológicos.

A interpolação da elevação do nó da malha com coordenadas  $(x, y)$  é feita pela seguinte equação:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

onde:  $Z_i$  é a cota do  $i$ -ésimo ponto de coordenadas  $(x_i, y_i)$ ;

$\omega_i$  é o ponderador igual ao inverso de uma potência da distância entre o  $i$ -ésimo ponto e o nó a ser interpolado;  
 $n$  é o número de pontos do subconjunto utilizado para a interpolação.  
 O ponderador  $\omega_i$  é calculado da seguinte forma:

$$\omega_i = 1/d_i^p$$

onde

$p$  é a potência;

$d_i$  é a distância entre a  $i$ -ésima amostra de coordenadas  $(x_i, y_i)$  do subconjunto e o ponto a ser estimado com coordenadas  $(x, y)$ .

A distância  $d_i$  é calculada como:

$$d_i = [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2]^{1/2}$$

Caso  $d_i$  seja igual a zero, faz-se simplesmente  $\omega_i = 1$ .

O primeiro passo refere-se à escolha da potência; as potências baixas suavizam valores extremos e as altas tendem a realçá-los. Para ilustrar a influência da escolha da potência, observe-se na Figura 5<sup>2</sup> como atua a potência na interpolação de teores entre dois pontos adjacentes (S1 e S2) de amostragens. Nesta figura, a utilização de potência igual a 1 resulta no princípio das mudanças graduais e as potências mais elevadas no princípio dos pontos mais próximos.

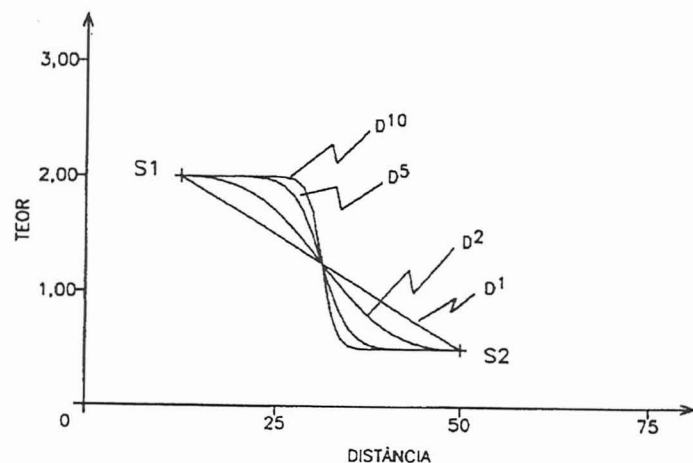


FIGURA 5 – Efeito da potência da distância na interpolação entre dois pontos adjacentes de amostragem.<sup>2</sup>

A potência igual a 2 é a mais utilizada, porém sem nenhum critério definido, tornando este método conhecido como Inverso do Quadrado da Distância ou simplesmente IQD.

O segundo passo é a escolha do número de pontos (subconjunto de pontos) a ser utilizado para a interpolação do nó. Neste estudo utilizou-se de um sistema de divisão em quadrantes em relação ao nó da malha para realizar a procura dos pontos. O número de amostras a ser utilizado na interpolação deve ser estabelecido em razão da variabilidade e da disponibilidade de informações. Fixa-se um número de pontos por quadrante e um número mínimo para que a interpolação do nó seja possível na ausência de algumas amostras. Geralmente utiliza-se de 2 amostras por quadrante, totalizando 8 amostras. Como nem sempre é possível ter as amostras por setor, o mínimo de 4 amostras totais para a interpolação do nó pode ser considerado para ter uma boa representatividade espacial.

Cabe ressaltar que as distâncias dos pontos ao nó da malha não devem ser muito grandes, pois elas terão pouca influência no nó a ser interpolado. Fixa-se uma distância de procura das amostras, que é normalmente determinada em razão da distribuição dos pontos. A distância utilizada na maioria dos casos é de duas a três vezes o espaçamento médio dos pontos.

A Figura 6 ilustra o procedimento de cálculo do nó da malha regular pelo inverso da potência da distância.

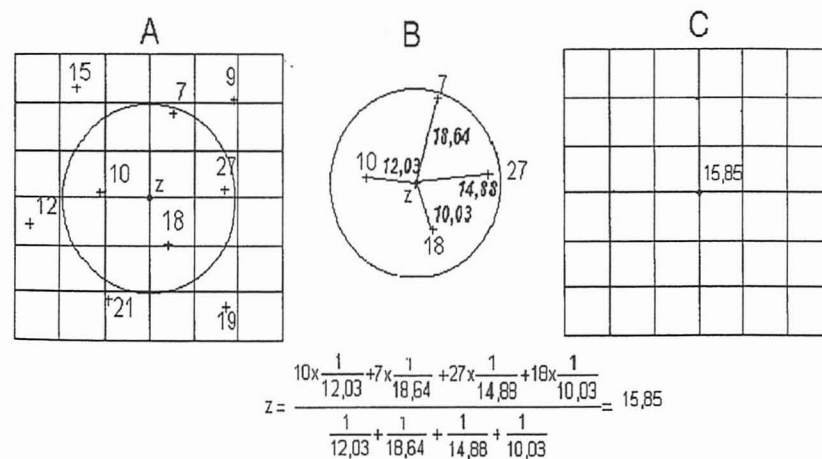


FIGURA 6 – Pontos de dados e a malha regular superposta (A), o processo de interpolação (B) e a representação do valor interpolado na malha regular (C).

## Interpolação do MDT pela triangulação

A interpolação por meio da triangulação é realizada no domínio dos triângulos, cujos vértices fornecem as informações das elevações das figuras, que serão utilizadas na interpolação do nó da malha regular. Esta interpolação pode ser realizada pelo ajuste de um plano<sup>4</sup> ou pelo ajuste de um polinômio de grau 5.<sup>1</sup> Foi escolhido o ajuste

de um plano (polinômio de grau 1) para a interpolação, pois ele representa, na prática, a interpolação manual e gráfica realizada para desenho de mapas de curvas de nível, além de ser muito mais simples.

A Figura 7 representa o procedimento de cálculo do nó da malha regular pela triangulação.

A análise dos tipos de malhas e processos de interpolação utilizados para a geração dos MDTs foi efetuada por meio dos resultados dos volumes compreendidos entre os MDTs de cada figura em relação a um plano *datum*.

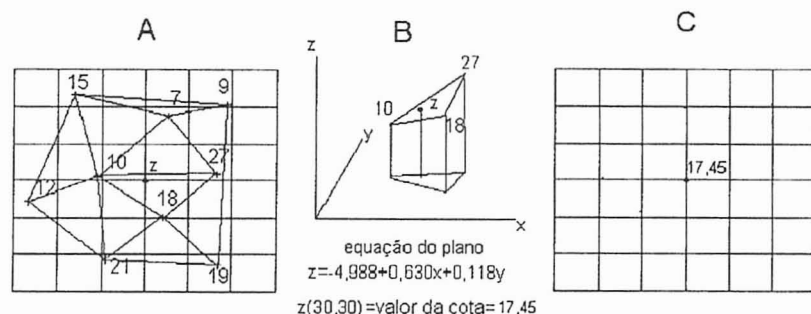


FIGURA 7 – Pontos de dados e a malha regular superposta (A), o processo de interpolação (B) e a representação do valor interpolado na malha regular (C).

## Resultados obtidos

### MDTs calculados pelo inverso da potência da distância

Para a geração de MDTs por meio da interpolação pelo IPD, foram utilizados os parâmetros apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados para a geração dos MDTs pelo IPD

Malha de pontos	Nº de pontos por quadrante	Distância máxima	Potências
sistemática	2	30 e 60 m	1 a 10
orientada	2	150 m	1 a 10
aleatória	2	30 e 60 m	1 a 10

Os resultados dos volumes obtidos de cada figura geométrica a partir dos MDTs por IPD encontram-se nas Tabelas 2 a 13. As Figuras 8 a 19 mostram os MDTs das figuras geométricas para as potências 1, 2 e 10. As representações gráficas dos resultados são mostradas nas Figuras 20 a 23.

Tabela 2 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o cone, para o arranjo sistemático

Potência	CONE – IPD			
	raio = 30 m		raio = 60 m	
	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	1,043	99,62	1,031	98,47
2	1,039	99,24	1,040	99,33
3	1,046	99,90	1,046	99,90
4	1,046	99,90	1,046	99,90
5	1,046	99,90	1,046	99,90
6	1,046	99,90	1,046	99,90
7	1,046	99,90	1,046	99,90
8	1,045	99,81	1,045	99,81
9	1,045	99,81	1,045	99,81
10	1,045	99,81	1,045	99,81

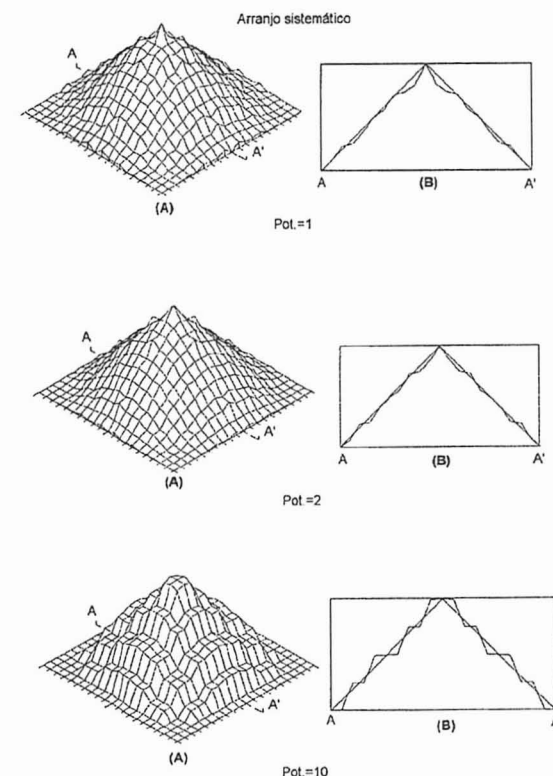


FIGURA 8 – MDT do cone para arranjo sistemático de pontos, com interpolação por IPD, raio de 30 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 3 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o cone, para o arranjo aleatório

Potência	CONE – IPD			
	raio = 30 m		raio = 60 m	
	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	0,925	88,35	1,036	98,95
2	0,927	88,54	1,037	99,04
3	0,929	88,73	1,038	99,14
4	0,930	88,83	1,039	99,24
5	0,931	88,92	1,039	99,24
6	0,931	88,92	1,039	99,24
7	0,931	88,92	1,039	99,24
8	0,931	88,92	1,038	99,14
9	0,931	88,92	1,038	99,14
10	0,931	88,92	1,038	99,14

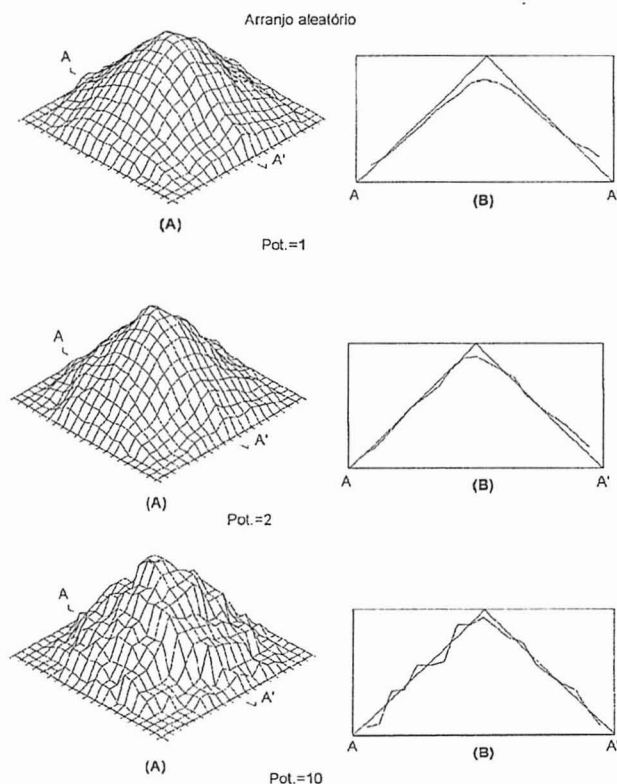


FIGURA 9 – MDT do cone para arranjo aleatório de pontos, com interpolação por IPD, raio de 60 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 4 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o cone, com arranjo orientado

Potência	CONE – IPD	
	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	0,301	28,75
2	0,435	41,55
3	0,549	52,44
4	0,626	59,79
5	0,679	64,85
6	0,716	68,39
7	0,743	70,96
8	0,763	72,87
9	0,778	74,31
10	0,790	75,45

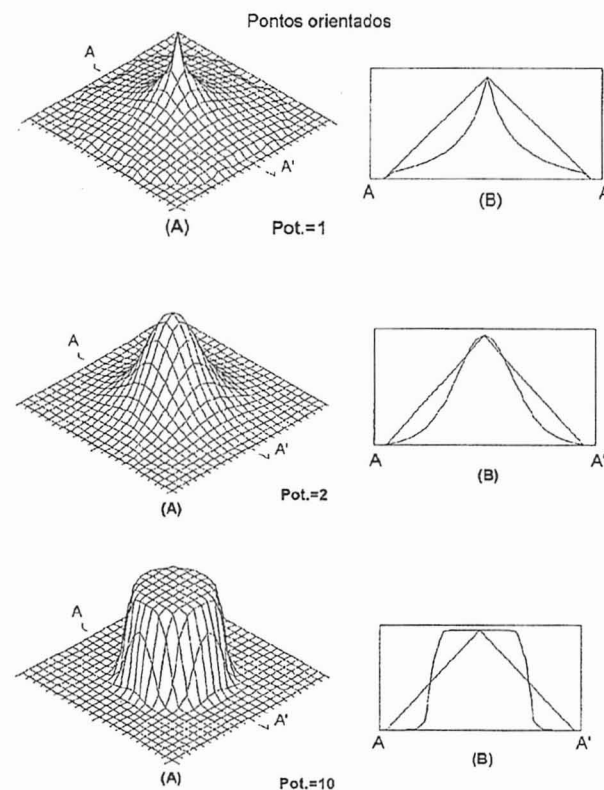


FIGURA 10 – MDT do cone para o arranjo orientado de pontos, com interpolação por IPD, raio de 150 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 5 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o tronco de cone com arranjo sistemático

TRONCO DE CONE - IPD				
Potência	raio = 30 m		raio = 60 m	
	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	1,824	99,51	1,802	98,31
2	1,828	99,73	1,818	99,18
3	1,833	100,00	1,827	99,67
4	1,833	100,00	1,831	99,89
5	1,833	100,00	1,832	99,95
6	1,833	100,00	1,833	100,00
7	1,833	100,00	1,833	100,00
8	1,833	100,00	1,833	100,00
9	1,833	100,00	1,833	100,00
10	1,833	100,00	1,833	100,00

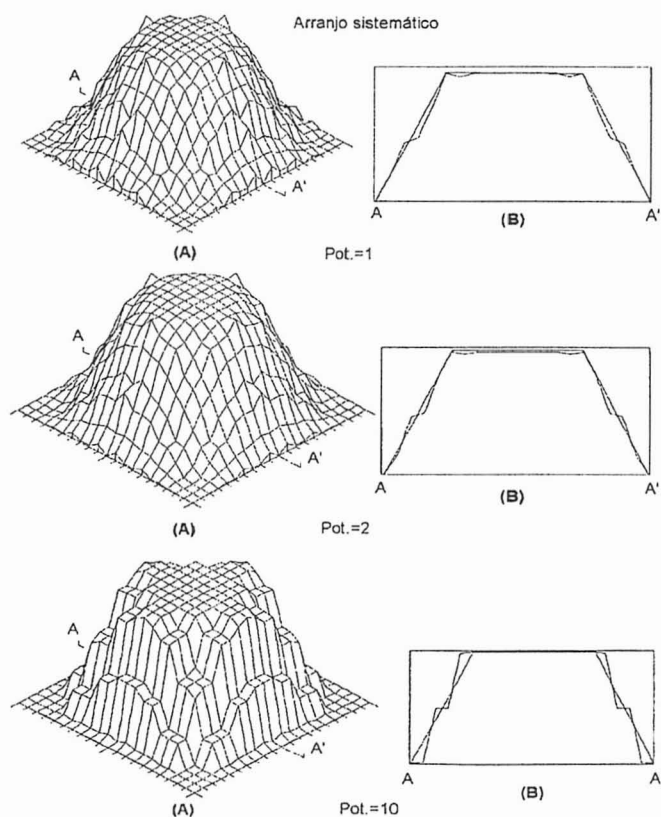


FIGURA 11 – MDT do tronco de cone para arranjo sistemático de pontos, com interpolação por IPD, raio de 30 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 6 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o tronco de cone com arranjo aleatório

TRONCO DE CONE - IPD				
Potência	raio = 30 m		raio = 60 m	
	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	1,559	85,05	1,735	94,65
2	1,568	85,54	1,755	95,74
3	1,574	85,87	1,765	96,29
4	1,578	86,09	1,771	96,62
5	1,581	86,25	1,774	96,78
6	1,583	86,36	1,776	96,89
7	1,583	86,36	1,777	96,94
8	1,584	86,42	1,778	97,00
9	1,584	86,42	1,778	97,00
10	1,584	86,42	1,779	97,05

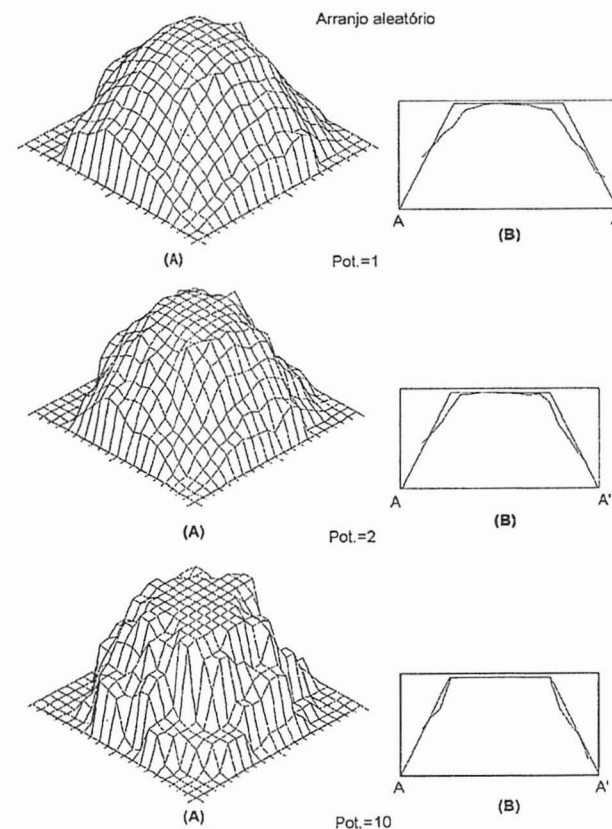


FIGURA 12 – MDT do cone para arranjo aleatório de pontos, com interpolação por IPD, raio de 60 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 7 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o tronco de cone com arranjo orientado

TRONCO DE CONE – IPD		
Potência	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	1,805	98,47
2	1,844	100,60
3	1,854	101,15
4	1,866	101,80
5	1,873	102,18
6	1,877	102,40
7	1,880	102,40
8	1,881	102,62
9	1,882	1027
10	1,882	102,67

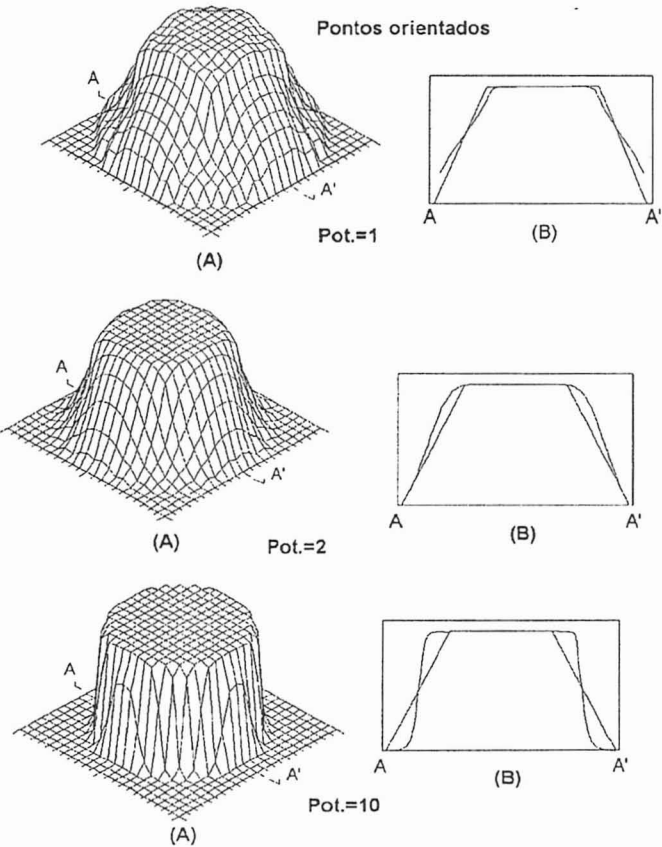


FIGURA 13 – MDT do tronco de cone para arranjo orientado de pontos, com interpolação por IPD, raio de 150 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 8 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o tronco de pirâmide com arranjo sistemático

TRONCO DE PIRÂMIDE – IPD				
Potência	raio = 30 m		raio = 60 m	
	Volume (x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	% do volume real	Volume (x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	% do volume real
1	2,298	98,50	2,250	96,44
2	2,305	98,80	2,284	97,90
3	2,308	98,93	2,300	98,58
4	2,307	98,89	2,304	98,76
5	2,304	98,76	2,303	98,71
6	2,301	98,63	2,300	98,58
7	2,298	98,50	2,298	98,50
8	2,296	98,41	2,296	98,41
9	2,294	98,33	2,294	98,32
10	2,293	98,29	2,293	98,29

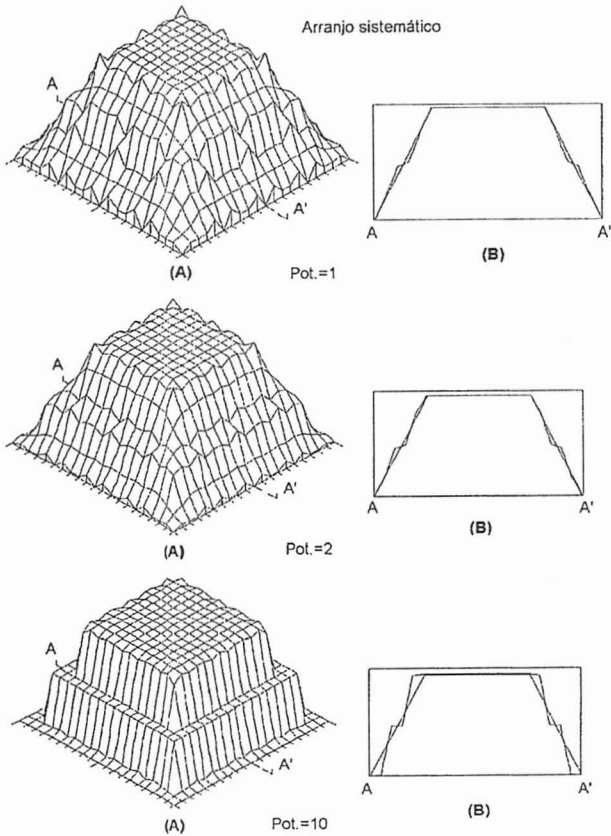


FIGURA 14 – MDT do tronco de pirâmide para arranjo sistemático de pontos, com interpolação por IPD, raio de 30 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 9 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o tronco de pirâmide com arranjo aleatório

TRONCO DE PIRÂMIDE – IPD				
Potência	raio = 30 m		raio = 60 m	
	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	1,534	65,75	2,149	92,11
2	1,540	66,01	2,171	93,06
3	1,544	66,18	2,184	93,61
4	1,547	66,31	2,192	93,96
5	1,549	66,40	2,196	94,13
6	1,550	66,44	2,199	94,26
7	1,551	66,48	2,200	94,30
8	1,551	66,48	2,200	94,30
9	1,551	66,48	2,201	94,34
10	1,551	66,48	2,199	94,26

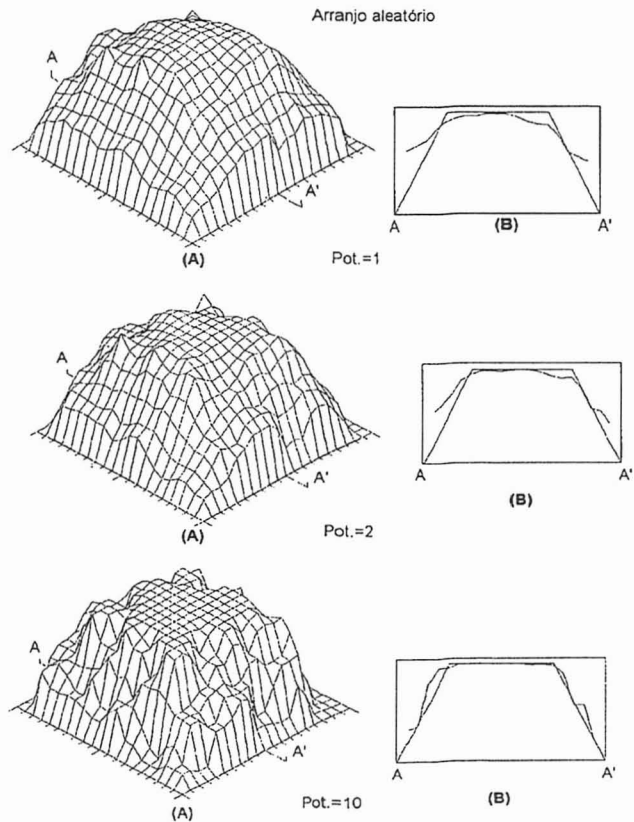


FIGURA 15 – MDT do tronco de pirâmide para arranjo aleatório de pontos, com interpolação por IPD, raio de 60 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 10 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para o tronco de pirâmide com arranjo orientado

TRONCO DE PIRÂMIDE – IPD		
Potência	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	2,040	87,44
2	2,237	95,89
3	2,208	94,64
4	2,233	95,71
5	2,244	96,19
6	2,247	96,31
7	2,249	96,40
8	2,250	96,44
9	2,250	96,44
10	2,250	96,44

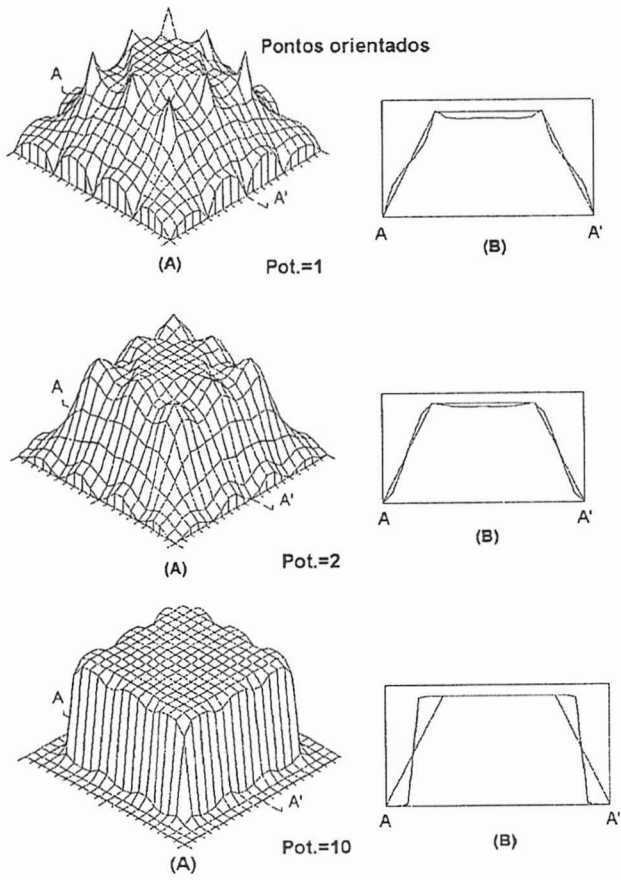


FIGURA 16 – MDT do tronco de pirâmide para arranjo orientado de pontos, com interpolação por IPD, raio de 150 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 11 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para a pilha com arranjo sistemático

PILHA – IPD				
Potência	raio = 30 m		raio = 60 m	
	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	0,803	96,40	0,793	95,20
2	0,808	97,00	0,793	95,20
3	0,809	97,11	0,804	94,48
4	0,807	96,84	0,805	96,60
5	0,804	96,48	0,803	96,40
6	0,801	96,12	0,801	96,12
7	0,798	95,76	0,798	95,76
8	0,796	95,52	0,796	95,52
9	0,794	95,28	0,794	95,28
10	0,793	95,20	0,793	95,20

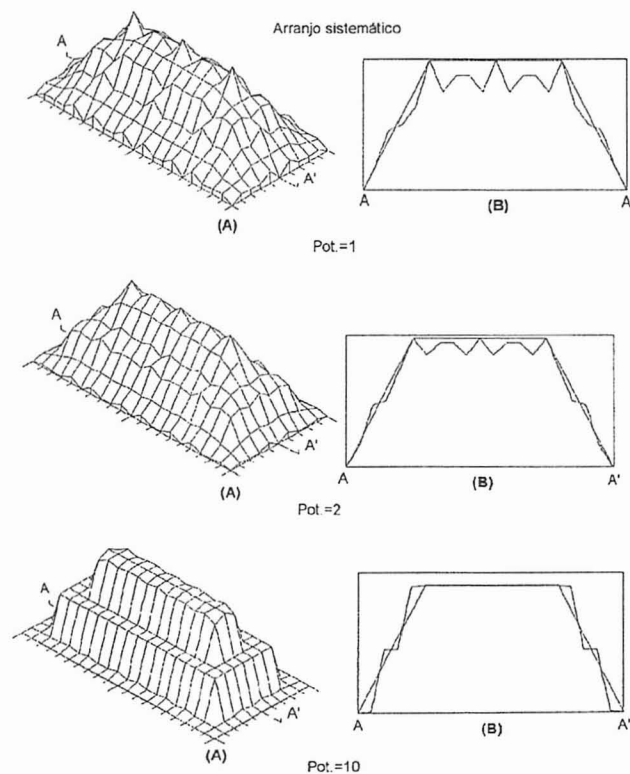


FIGURA 17 – MDT da pilha para arranjo sistemático de pontos, com interpolação por IPD, raio de 30 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 12 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para a pilha com arranjo aleatório

PILHA – IPD				
Potência	raio = 30 m		raio = 60 m	
	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	0,510	61,22	0,594	71,31
2	0,516	61,94	0,608	72,99
3	0,501	60,12	0,611	73,32
4	0,523	62,76	0,616	73,92
5	0,524	62,88	0,619	74,28
6	0,525	63,00	0,621	74,52
7	0,525	63,00	0,622	74,64
8	0,526	63,12	0,622	74,64
9	0,526	63,12	0,623	74,76
10	0,525	63,00	0,624	74,91

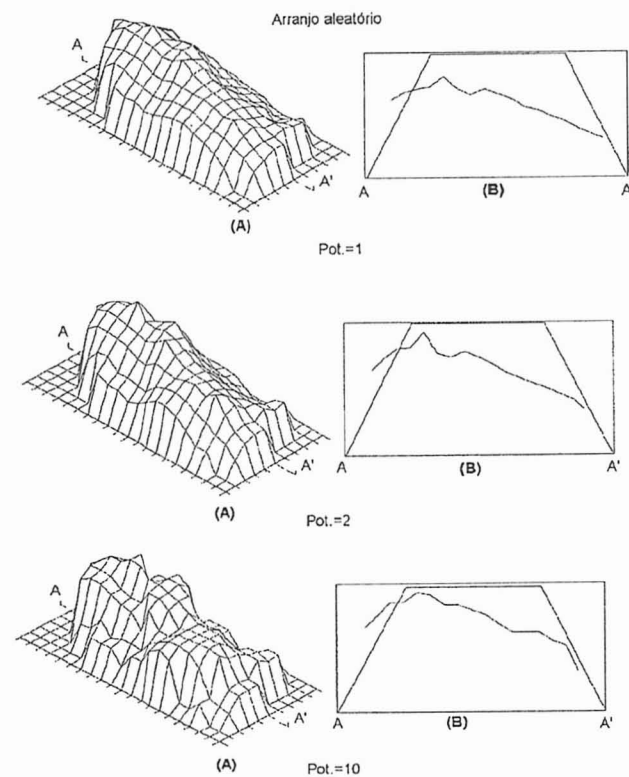


FIGURA 18 – MDT da pilha para arranjo aleatório de pontos, com interpolação por IPD, raio de 60 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

Tabela 13 – Resultados dos volumes obtidos por IPD para a pilha com arranjo orientado

PILHA - IPD		
Potência	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
1	0,629	75,51
2	0,726	87,15
3	0,727	87,28
4	0,741	88,96
5	0,747	89,68
6	0,749	89,92
7	0,750	90,04
8	0,750	90,04
9	0,750	90,04
10	0,750	90,04

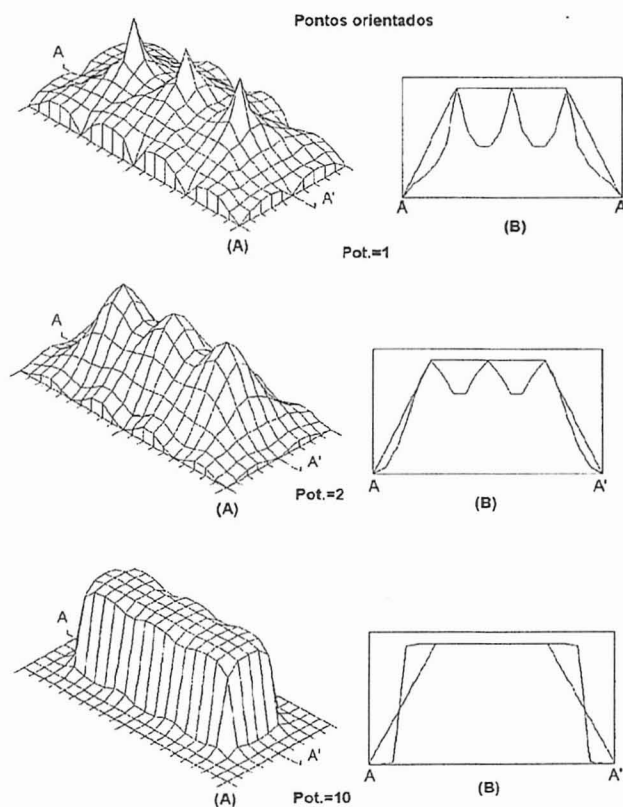


FIGURA 19 – MDT da pilha para arranjo orientado de pontos, com interpolação por IPD, raio de 150 m, com potências 1, 2 e 10 e os perfis associados.

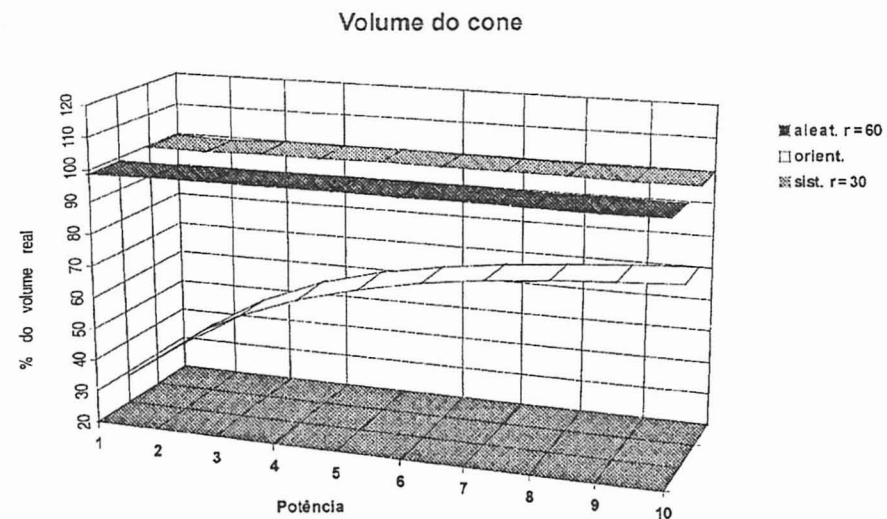


FIGURA 20 – Representações gráficas dos volumes obtidos pelo IPD para o cone.

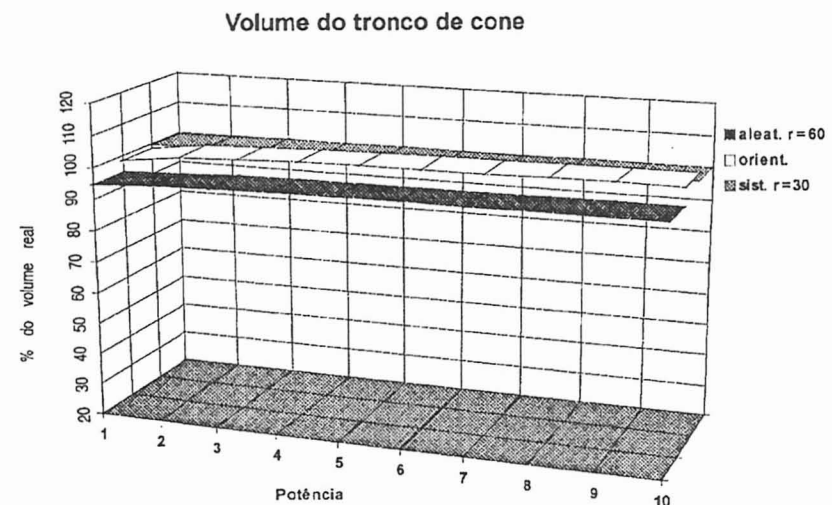


FIGURA 21 – Representações gráficas dos volumes obtidos pelo IPD para o tronco de cone.

### Volume do tronco de pirâmide

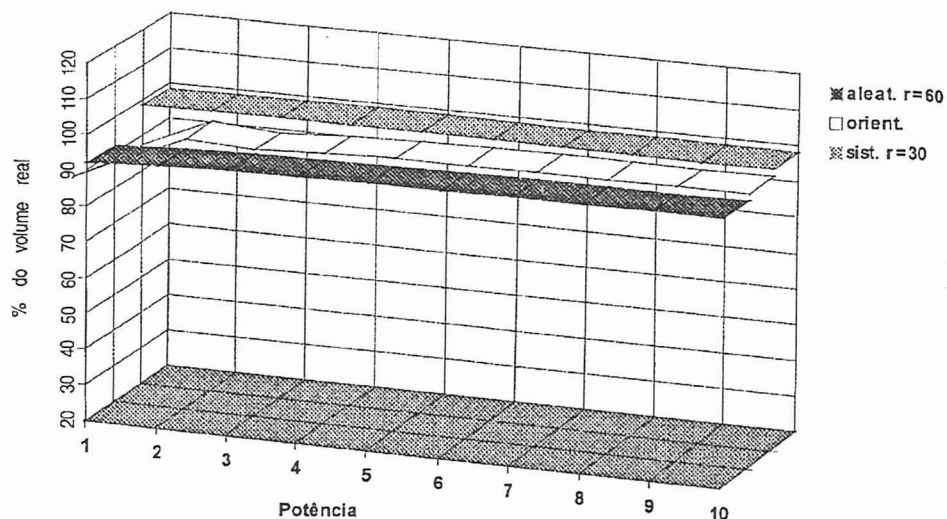


FIGURA 22 – Representações gráficas dos volumes obtidos pelo IPD para o tronco de pirâmide.

### Volume da pilha

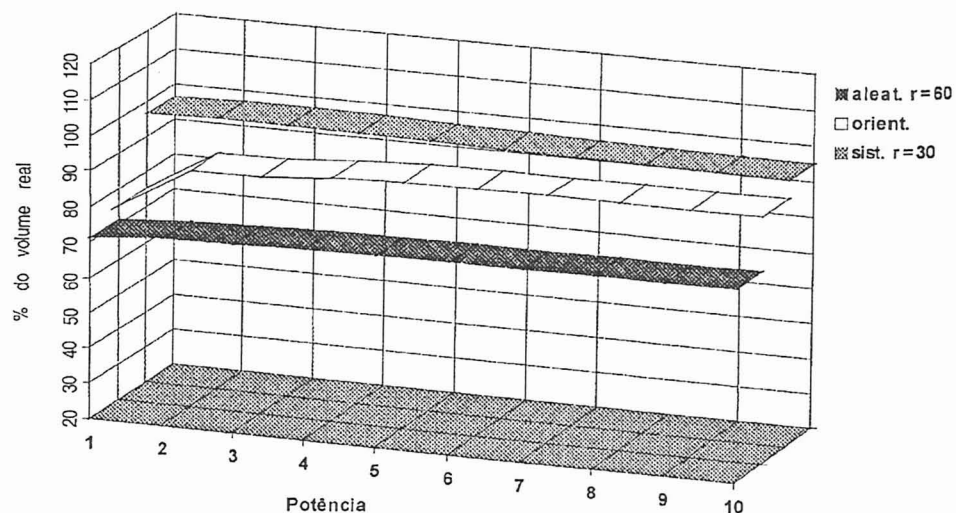


FIGURA 23 – Representações gráficas dos volumes obtidos pelo IPD para a pilha.

### MDTs calculados pela triangulação

Os volumes obtidos a partir dos MDTs interpolados por triangulação para as figuras geométricas encontram-se nas Tabelas 14 a 16 e representados graficamente na Figura 24. Nas Figuras 25 a 28 têm-se os MDTs gerados por triangulação para os três tipos de malhas de pontos.

Tabela 14 – Resultados dos volumes obtidos por triangulação para as figuras geométricas com a configuração sistemática de pontos

TRIANGULAÇÃO – Malha sistemática		
Figura	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
Cone	1,047	100,00
Tronco de cone	1,833	100,00
Tronco de pirâmide	2,310	99,01
Pilha	0,810	97,24

Tabela 15 – Resultados dos volumes obtidos por triangulação para as figuras geométricas com distribuição aleatória de pontos

TRIANGULAÇÃO – Malha aleatória		
Figura	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
Cone	1,021	97,52
Tronco de cone	1,723	94,00
Tronco de pirâmide	2,109	90,40
Pilha	0,583	69,99

Tabela 16 – Resultados dos volumes obtidos por triangulação para as figuras geométricas com pontos orientados

TRIANGULAÇÃO – Malha orientada		
Figura	Volume ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )	% do volume real
Cone	1,034	98,76
Tronco de cone	1,810	98,75
Tronco de pirâmide	2,332	99,96
Pilha	0,832	99,90

## Resultados por triangulação

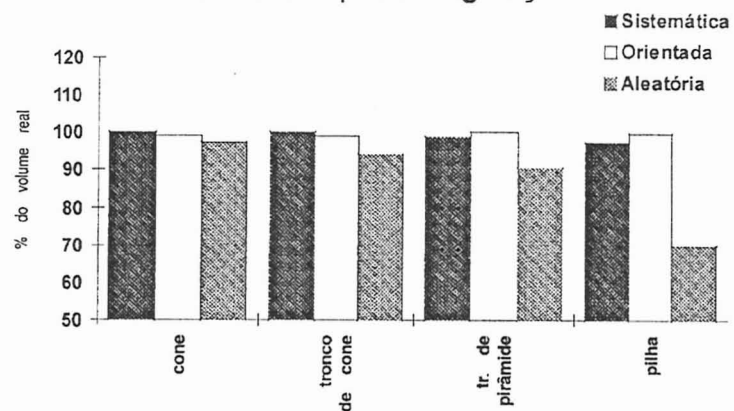


FIGURA 24 - Gráfico comparativo dos resultados dos volumes obtidos por triangulação para todas as malhas de amostragem.

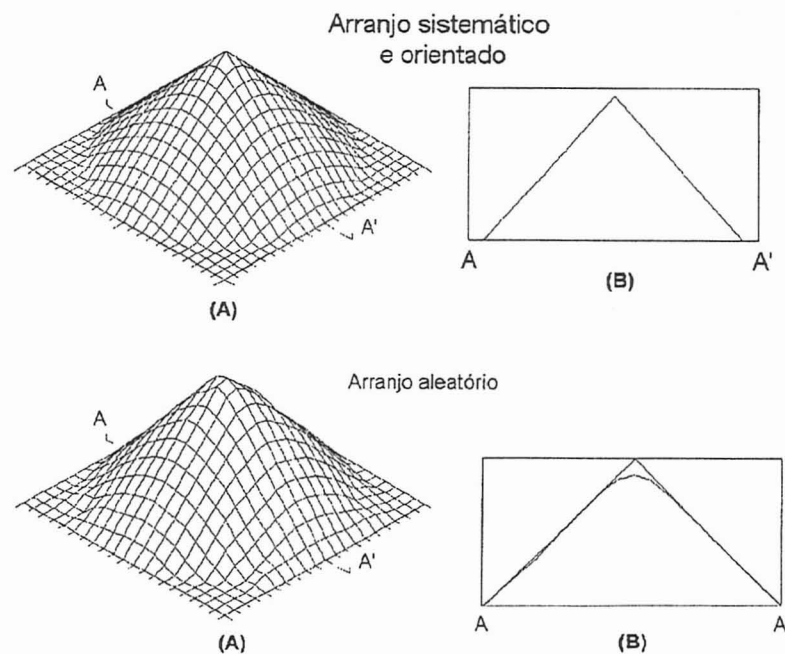


FIGURA 25 - MDT do cone interpolado por triangulação, para os arranjos sistemático e orientado (superior) e aleatório (inferior), e os perfis associados.

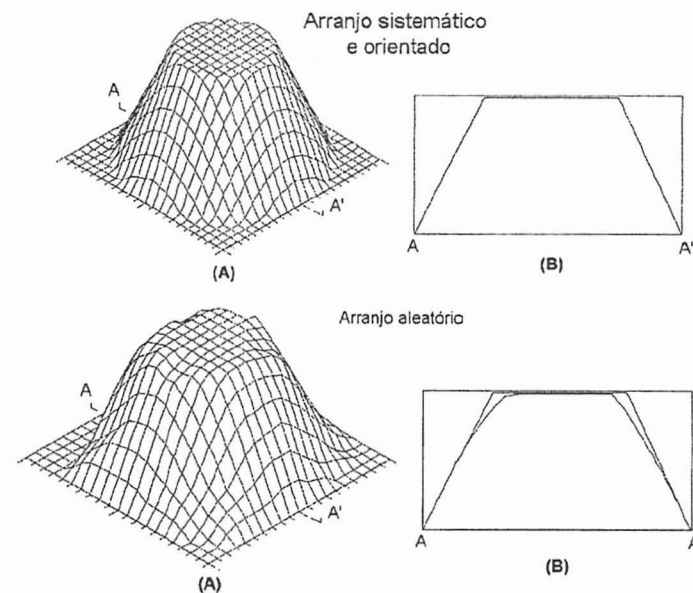


FIGURA 26 - MDT do tronco de cone interpolado por triangulação, para os arranjos sistemático e orientado (superior) e aleatório (inferior), e os perfis associados.

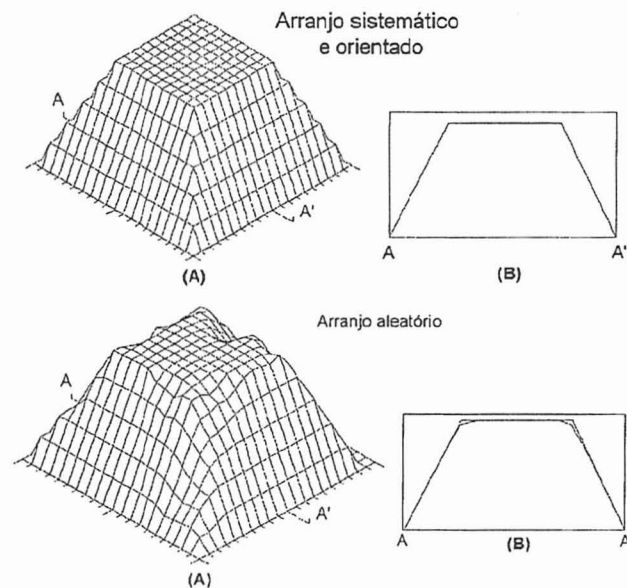


FIGURA 27 - MDT do tronco de pirâmide interpolado por triangulação, para os arranjos sistemático e orientado (superior) e aleatório (inferior), e o perfis associados.

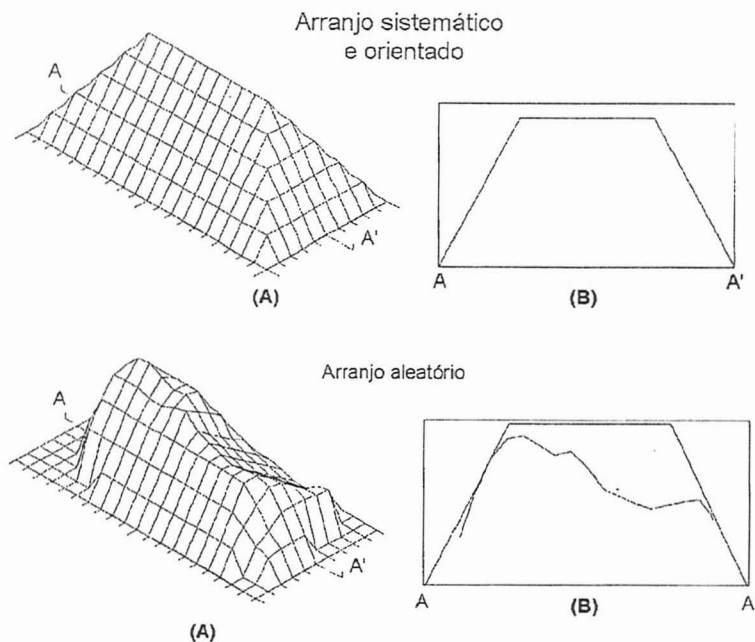


FIGURA 28 - MDT da pilha interpolado por triangulação, para os arranjos sistemático e orientado (superior) e aleatório (inferior), e o perfis associados.

## Considerações finais

Com base nos resultados obtidos pode-se observar que a interpolação pelo inverso da potência da distância para os MDTs depende fortemente da distribuição dos pontos de dados. A amostragem sistemática, em geral, proporcionou os melhores resultados, enquanto a aleatória, os piores. No caso da amostragem orientada, a qualidade dos resultados variou conforme o tipo de figura geométrica estudada. Assim, para os troncos de cone e de pirâmide os resultados foram bons, enquanto para o cone e a pilha os resultados foram ruins.

O problema verificado nos volumes obtidos para a amostragem orientada foi em decorrência da distribuição dos pontos para os locais críticos: 1 ponto para o cone e 3 pontos para a pilha (ver Figura 3).

Um outro problema verificado está relacionado à potência do IPD. Esperava-se para a potência igual a 1 um comportamento linear, semelhante ao descrito por Barnes,<sup>2</sup> apresentado na Figura 5 (Princípio da Variação Gradual).

Caso este princípio fosse seguido, a interpolação do cone a partir de uma amostragem orientada deveria reproduzir perfeitamente essa figura geométrica. Contudo, isto não foi verificado, conforme pode-se observar no MDT da Figura 21.

O comportamento linear para a potência igual a 1 é, na realidade, somente entre dois pontos adjacentes de amostragem. Como a interpolação sempre ocorre com mais de dois pontos, o resultado foi uma parábola (Figura 21) devido à contribuição de outros pontos. Tal comportamento já havia sido previsto por Watson & Philip,<sup>5</sup> como se pode observar na Figura 29.

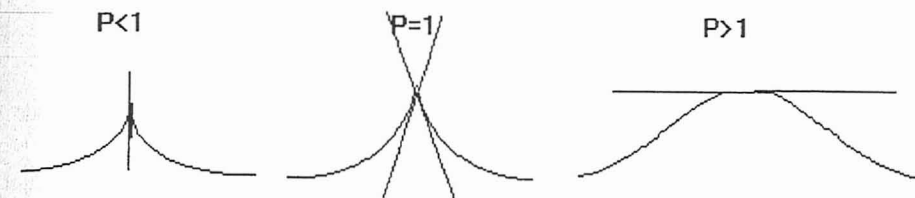


FIGURA 29 - Comparação de superfície interpolada de pontos de dados para três categorias de parâmetros de potência.<sup>5</sup>

Potências elevadas seguem o princípio dos pontos mais próximos, causando o inconveniente de produzirem áreas planas em torno dos pontos de dados, como no caso do cone a partir de amostragem orientada (Figura 10).

O perfil em escada, observado para o cone interpolado a partir dos arranjos sistemático e aleatório (Figuras 8 e 10), é devido à aproximação pelo princípio dos pontos mais próximos, sempre entre dois patamares, como está desenhado no gráfico de Barnes.<sup>2</sup>

Com relação à melhor potência para a interpolação do MDT a partir de arranjos sistemático e aleatório, observou-se que a potência igual a 2 proporcionou os melhores resultados, principalmente no que diz respeito à reprodução da geometria da figura. Por outro lado, os volumes não tiveram uma variação considerável com o aumento da potência, com exceção da malha orientada, devido a uma compensação de áreas.

Os volumes bem inferiores proporcionados pela malha aleatória, principalmente para raio de procura de 30 m, são devidos a esta distância ser pequena e não haver pontos para a interpolação em certos nós da malha.

As figuras interpoladas pela triangulação apresentaram valores de volumes bem próximos dos reais. As ilustrações, Figuras 25 a 28, mostram que este método de interpolação é bem superior ao IPD, especialmente com relação à interpolação de superfícies topográficas, pois reproduziu com muita precisão as superfícies geométricas. As superfícies geradas com as configurações sistemática e orientada foram

muito semelhantes, já aquelas superfícies obtidas para os pontos aleatórios foram prejudicadas devido ao tipo de distribuição dos pontos.

Novamente a amostragem aleatória foi a que produziu os piores resultados quanto à aproximação de volumes, notadamente para o caso da pilha para a qual se obteve um volume igual a 70% do volume real. Os resultados para as amostragens sistemática e orientada foram excelentes, com erros menores que 3%.

Mesmo que o método de triangulação seja superior ao do IPD, tanto na reprodução da forma da figura como no cálculo de volume, ele também possui uma forte dependência do tipo de amostragem utilizada e da forma da figura. No caso da pilha, pode-se observar como a deficiência de amostragem sobre a crista influi negativamente nos resultados obtidos.

SAMESHIMA, R. H., YAMAMOTO, J. K. Analysis of sampling nets and interpolation methods for topographic surfaces representation by MDTs. *Geociências (São Paulo)*, v.15, n.1, p.67-92, 1996.

- **ABSTRACT:** *Digital terrain models (DTM) are commonly used for displaying of topographic surfaces. This paper presents a study about the influence of sampling nets and interpolation methods for DTM computation. The sampling schemes were systematic, oriented and random, while the interpolation methods were triangulation and inverse of weighted distance.*
- **KEYWORDS:** *Digital terrain models, sampling nets, triangulation, inverse of weighted distance, methods of interpolation.*

## Referências bibliográficas

- 1 AKIMA, H. A method of bivariate interpolation and smooth surface fitting based on local procedures. *Commun. of the ACM*, v.17, n.1, p.18-20, 1974.
- 2 BARNES, M. P. *Computer assisted mineral appraisal and feasibility*. New York: Dover Publ., 1980. 104p.
- 3 FRANKE, R. Scattered data interpolation: Test of some methods. *Math. Comput.*, v.38, n.157, p.181-200, 1982.
- 4 WATSON, D. F., PHILIP, G. M. Triangle based interpolation. *Math. Geol.*, v.16, n.8, p.779-95, 1984.
- 5 \_\_\_\_\_. A refinement of inverse distance weighted interpolation. *Geo-Processing*, n.2, p.312-27, 1985.