UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba

Disciplina: Manejo de Resíduos Sólidos

Pós-graduação em Engenharia Ambiental

8 – Dimensionamento de Aterros Sanitários

Professor: Sandro Donnini Mancini

Sorocaba, Setembro de 2016.

- Aterro Sanitário - disposição na terra do lixo coletado, sem causar moléstia nem perigo à saúde pública ou segurança sanitária. Consiste na utilização de métodos de engenharia para confinar os despejos, sem riscos à coletividade, na menor área possível e cobri-los periodicamente com terra.

Alguns Requisitos para escolha de áreas para Aterros Sanitários

NBR 13896

- Solo: manto de solo homogêneo de 3,0 metros de espessura com um coeficiente de permeabilidade $K = 10^{-6}$ cm/s. Contudo, é considerada aceitável uma distância mínima entre a base do aterro e a cota máxima do aqüífero freático igual a 1,5 metro, para um coeficiente de permeabilidade $K = 5 \times 10^{-5}$ cm/s. A critério do órgão de controle da poluição ambiental, poderá ser exigida uma impermeabilização suplementar, visando maior proteção do aqüífero freático. Áreas com predominância de solos com coeficiente de permeabilidade $K = 10^{-4}$cm/s, não é recomendada a construção de aterros, mesmo utilizando-se impermeabilizações complementares;
- Distância mínima de 500m de residências isoladas e 2.000m de comunidades;
- Distância mínima de 200m de corpos d'água.

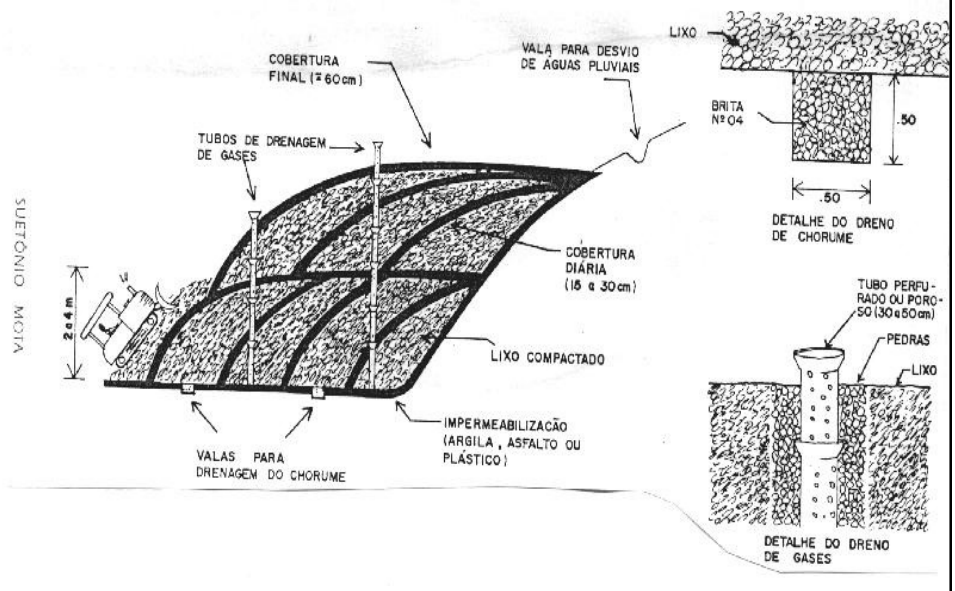
Critérios para avaliação das áreas para instalações de aterros sanitários

DADOS NECESSÁRIOS	CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS		
	RECOMENDADA	RECOMENDADA COM RESTRIÇÕES	NÃO-RECOMENDADA
Vida útil	Maior que 10 anos	(10 anos, a critério do órgão ambiental)	
Distância do centro atendido	Menor que 10 km	10-20 km	Maior que 20 km
Zoneamento ambiental	Áreas sem restrições no zoneamento ambiental		Unidades de conservação ambiental e correlatas
Zoneamento urbano	Vetor de crescimento mínimo	Vetor de crescimento intermediário	Vetor de crescimento máximo
Densidade populacional	Baixa	Média	Alta
Uso e ocupação das terras	Áreas devolutas ou pouco utilizadas		Ocupação intensa
Valorização da terra	Baixa	Média	Alta
Aceitação da população e de entidades ambientais não-governamentais	Boa	Razoável	Inaceitável
Distância aos cursos d'água (córregos, nascentes etc.)	Maior que 200 m	Menor que 200 m, com aprovação do órgão ambiental responsável	

LIXO MUNICIPAL: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

Itens de Projeto

- Instalações de apoio (guarita, balança, isolamento etc);
- Impermeabilização da base (com ou sem plástico);
- Sistema de operação;
- Drenagem de fundação;
- Sistema de cobertura;
- Drenagem de águas pluviais;
- Drenagem de percolados;
- Drenagem de gases;
- Análise da estabilidade dos maciços de terra e dos resíduos dispostos;
- Coleta e tratamento de percolados(chorume);
- Sistema de monitoramento;
- Fechamento final do Aterro.

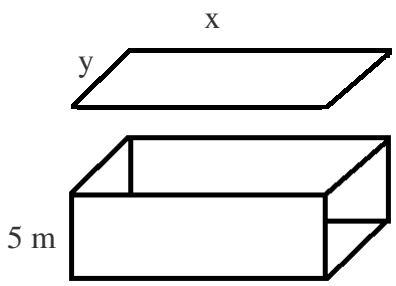


Mota, Suetônio. Introdução à engenharia ambiental. 2a Ed. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 2000. 416p. ISBN 85-7022-139-8.

Perguntas Básicas:

- População?
  - Ex: 1.000.000 habitantes
- Vida útil do aterro?
  - Legislação exige mínimo de 10 anos
  - Ex: 20 anos
- Massa Específica do Resíduo?
  - Geralmente se usa 0,7 t/m^3 ou 0,8 t/m^3
  - Ex: 0,7 t/m^3
- Altura de empilhamento de resíduos?
  - Geralmente se usa de 3 a 5 metros
  - Ex: 5 metros (células de 5 x 5 x 5 m).

Inicialmente, vamos considerar que os resíduos sejam enterrados numa espécie de paralelepípedo.



Dimensionar aterro sanitários: determinar x e y, ou, área.

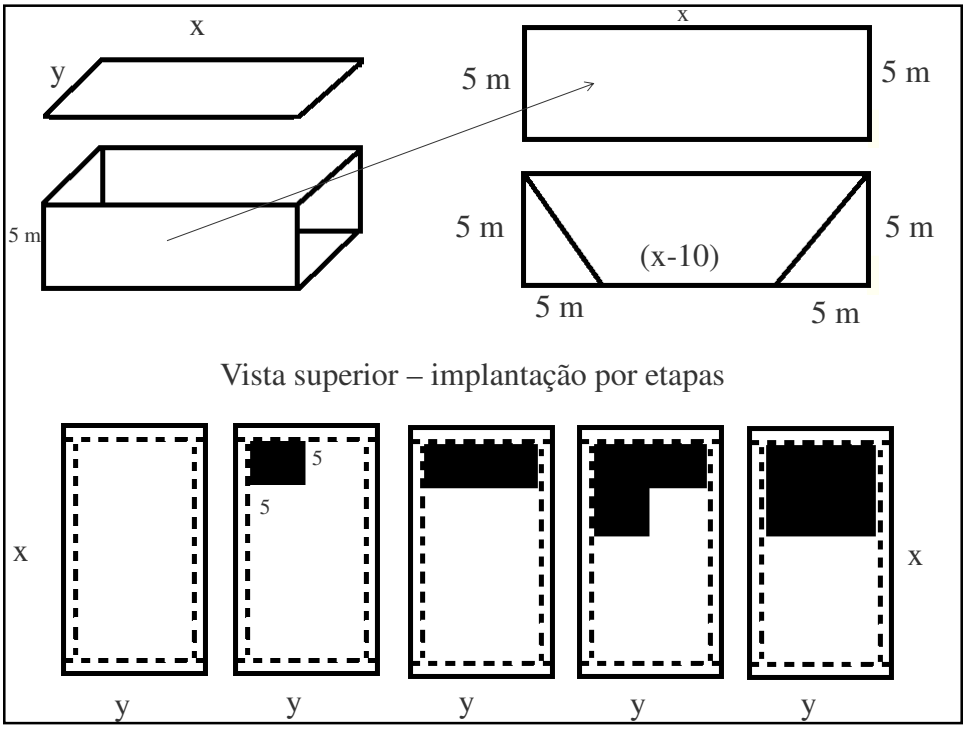
Dimensionar um aterro sanitário para uma população de 1.0000.0000 de habitantes para 20 anos.

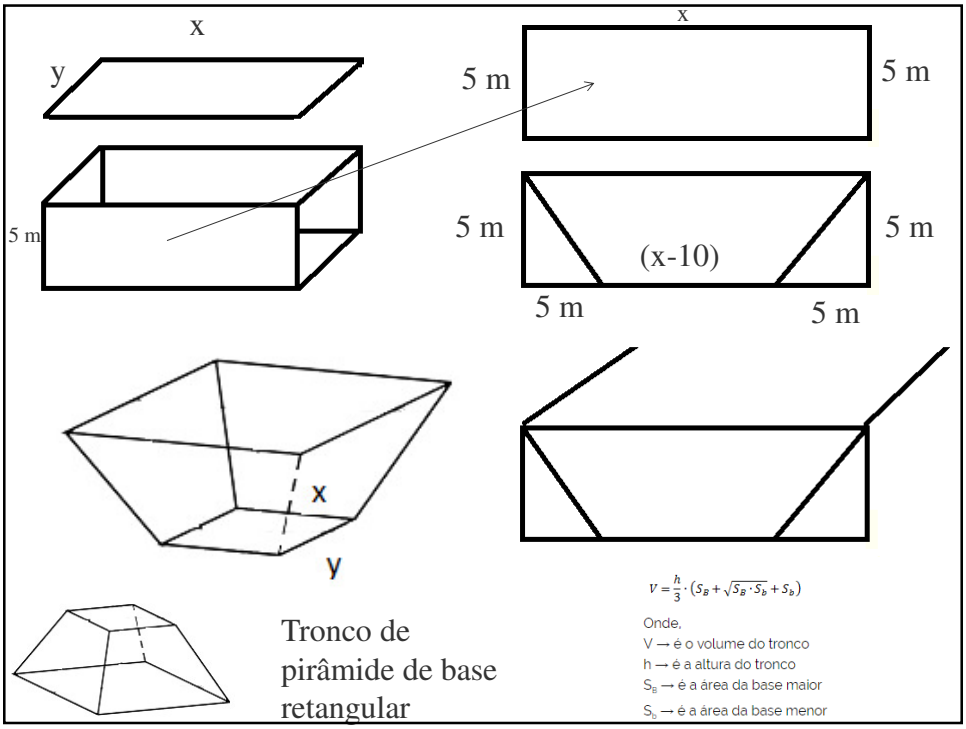
- Considerando 1 kg/hab por dia, serão 1.000.000 kg por dia ou 365.000.000 kg por ano: 365.000 toneladas por ano ou, no total, 7.300.000 toneladas em 20 anos.
- 7.300.000 toneladas a 0,7 t/m^3 , são 10.429.000 m^3 de lixo para serem enterrados ao longo da vida útil do aterro.
- Considerando 20% a mais de volume para terra de cobertura:

10.429.000 x 0,2 = 2.085.800 m^3 de terra

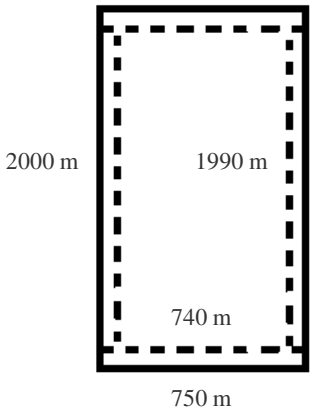
Total p/ aterrar = 10.429.000 (lixo) + 2.085.800 (terra) = 12.514.800 m^3;

- Se for dividido o volume total pela altura, teremos a área necessária para o acondicionamento do lixo + terra;
- 12.514.000 m^3 : 5 m (altura) = 2.503.0000 m^2;
- Como se fosse um quadrado de 1.582 m com 5 m de altura;
- 2.503.000 m^2 : 10.000 m^2 (1 hectare) = 250 hectares.
- Pergunta 1: e se eu tiver uma área com "somente" 150 hectares?
- Pergunta 2: pode-se considerar um paralelepípedo?
- É interessante o corte de taludes (inclinação de 1:1, p.ex.), para questões de estabilidade;





- Supondo então que eu tenha um terreno definido de 150 hectares, ou seja, 1,5 milhão de metros quadrados;
- Supondo ainda que esses $1{,}5.10^6$ m² fossem um retângulo de 2.000 m x 750 m = 1.000.000 m²



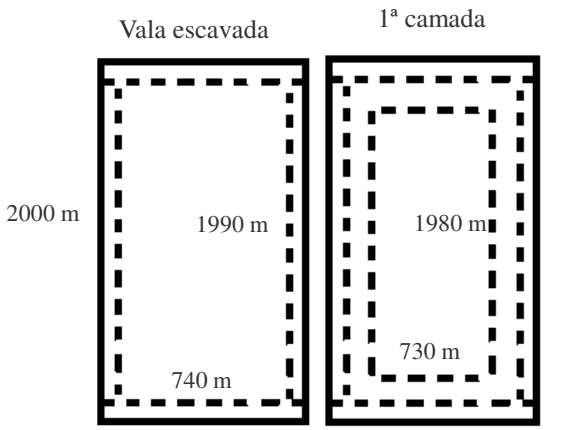
$V = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$

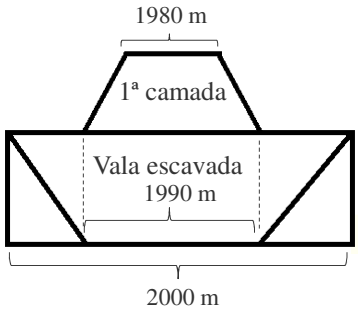
Onde,
V → é o volume do tronco
h → é a altura do tronco
S_B → é a área da base maior
S_b → é a área da base menor

V = 5/3 (1.500.000 + (1.500.000 x 1.472.600)$^{1/2}$ + 1.472.600

V = 7.431.395 m³

Total a ser disposto: 12.514.000 m³
Faltarão = 5.082.605 m³
Solução: nova camada.
Volume de $7{,}4.10^6$ m³ de terra pra cobertura
Precisaria de somente: 2.085.800 m³





$$V = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$$

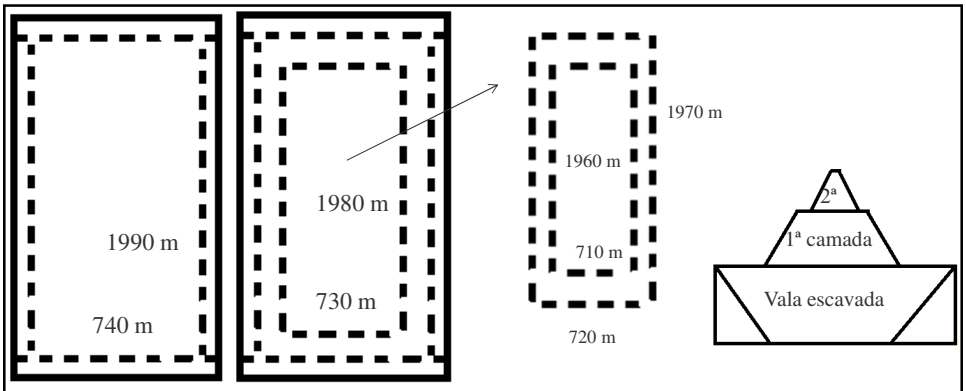
Onde,
V → é o volume do tronco
h → é a altura do tronco
S_B → é a área da base maior
S_b → é a área da base menor

V = 5/3 (1.472.600 + (1.472.600 x 1.445.400)$^{1/2}$ + 1.445.400)

V = 7.294.895 m^3

Total que restava: 5.082.605 m^3
Sobrarão: 2.212.290 m^3
E se eu tivesse autorização para mais uma camada?





$$V = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$$

Onde,
V → é o volume do tronco
h → é a altura do tronco
S_B → é a área da base maior
S_b → é a área da base menor

V = 5/3 (1.418.400 + (1.418.400 x 1.1.391.600)$^{1/2}$ + 1.391.600)

V = 7.024.893 m^3

Tinha sobrado da 1ª camada: 2.212.290 m^3
Total "extra": 9.237.183 m^3 de espaço

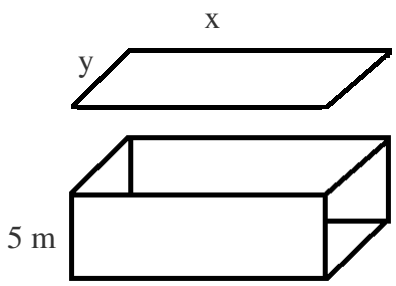
Considerando que eram 12.514.000 m^3 por 20 anos,
significa 625.700 m^3 de material para ser enterrado por ano
9.237.183 : 625.700 = 14,76 anos a mais!!!

CONSIDERANDO 30 ANOS DE VIDA ÚTIL DO ATERRO

Perguntas Básicas:

- População?
  - Ex: 1.000.000 habitantes
- Vida útil do aterro?
  - Legislação exige mínimo de 10 anos
  - Ex: 30 anos
- Massa Específica do Resíduo?
  - Geralmente se usa 0,7 t/m^3 ou 0,8 t/m^3
  - Ex: 0,7 t/m^3
- Altura de empilhamento de resíduos?
  - Geralmente se usa de 3 a 5 metros
  - Ex: 5 metros (células de 5 x 5 x 5 m).

Inicialmente, vamos considerar que os resíduos sejam enterrados numa espécie de paralelepípedo.



Dimensionar aterro sanitários: determinar x e y, ou, área.

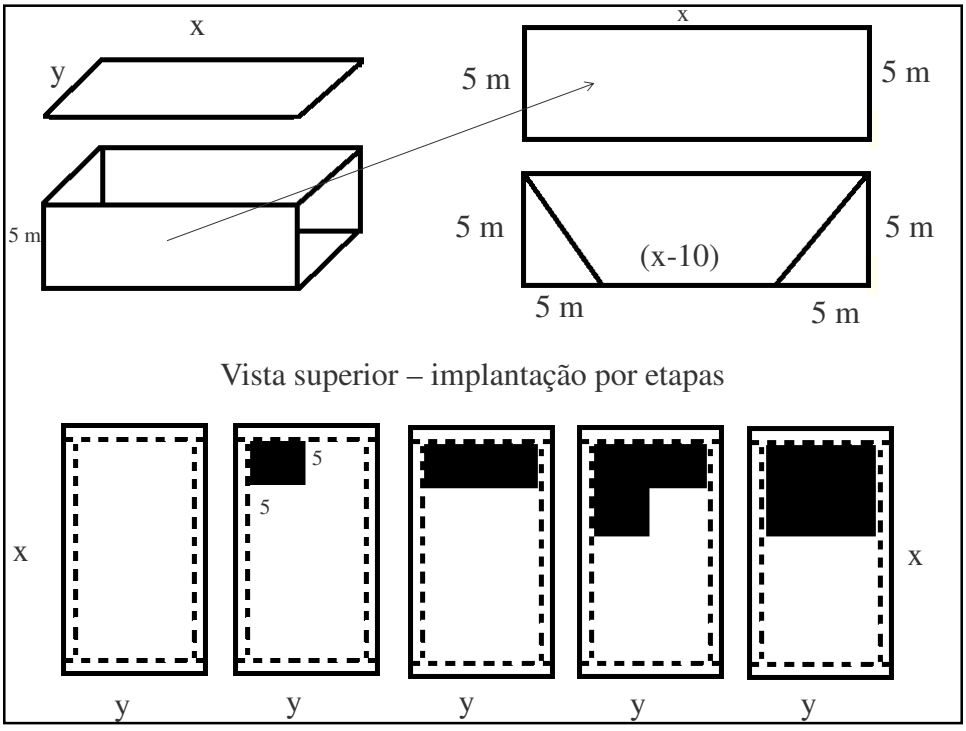
Dimensionar um aterro sanitário para uma população de 1.0000.0000 de habitantes para 30 anos.

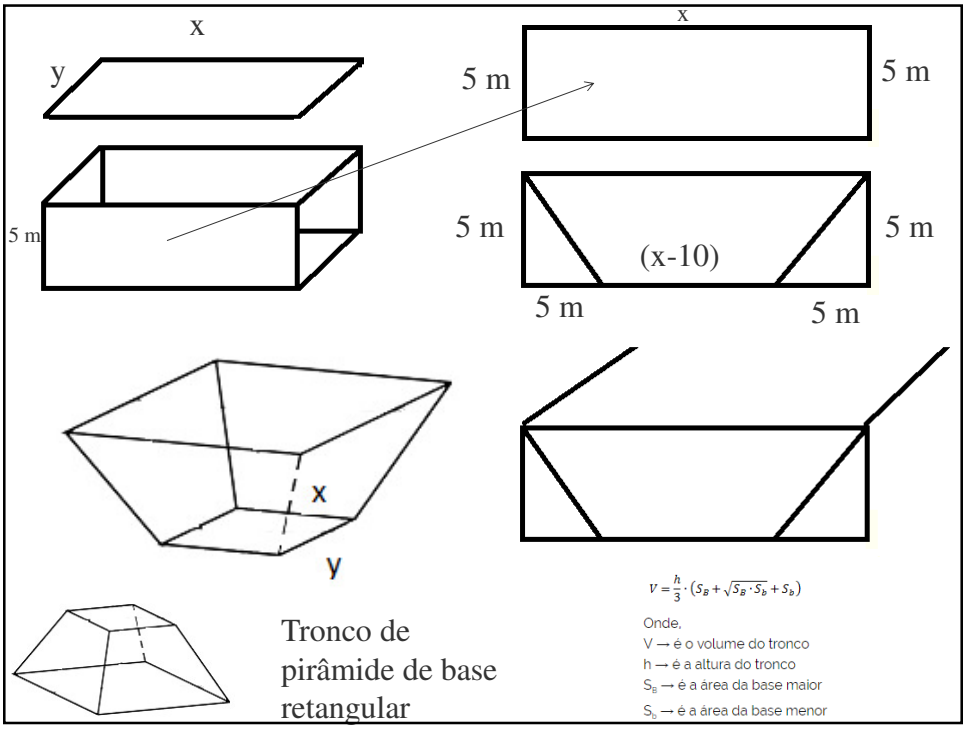
- Considerando 1 kg/hab por dia, serão 1.000.000 kg por dia ou 365.000.000 kg por ano: 365.000 toneladas por ano ou, no total, 10.950.000 toneladas em 30 anos.
- 7.300.000 toneladas a 0,7 t/m^3 , são 15.643.000 m^3 de lixo para serem enterrados ao longo da vida útil do aterro.
- Considerando 20% a mais de volume para terra de cobertura:

10.429.000 x 0,2 = 3.128.600 m^3 de terra

Total p/ aterrar = 15.643.000 (lixo) + 3.128.600 (terra) = 18.772.000 m^3;

- Se for dividido o volume total pela altura, teremos a área necessária para o acondicionamento do lixo + terra;
- 18.772.000 m^3 : 5 m (altura) = 3.754.320 m^2;
- Como se fosse um quadrado de 1.938 m com 5 m de altura;
- 2.503.000 m^2 : 10.000 m^2 (1 hectare) = 375 hectares.
- Pergunta 1: e se eu tiver uma área com "somente" 150 hectares?
- Pergunta 2: pode-se considerar um paralelepípedo?
- É interessante o corte de taludes (inclinação de 1:1, p.ex.), para questões de estabilidade;





Tronco de pirâmide de base retangular

$$V = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$$

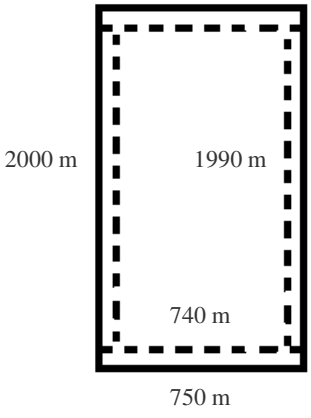
Onde,
V → é o volume do tronco
h → é a altura do tronco
S_B → é a área da base maior
S_b → é a área da base menor

➢Supondo então que eu tenha um terreno definido de 150 hectares, ou seja, 1,5 milhão de metros quadrados;

➢Supondo ainda que esses $1{,}5.10^6$ m² fossem um retângulo de 2.000 m x 750 m = 1.000.000 m²

$$V = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$$

Onde,
V → é o volume do tronco
h → é a altura do tronco
S_B → é a área da base maior
S_b → é a área da base menor



V = 5/3 (1.500.000 + (1.500.000 x 1.472.600)$^{1/2}$ + 1.472.600)

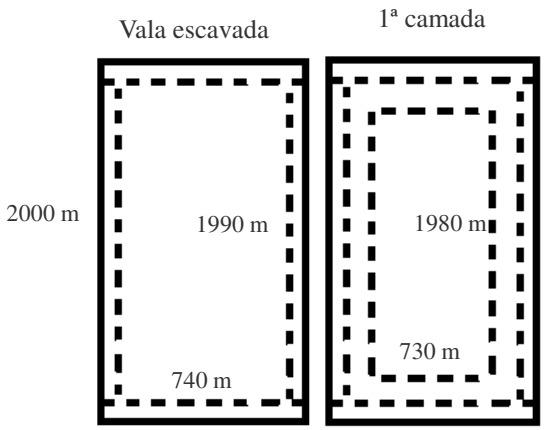
V = 7.431.395 m³

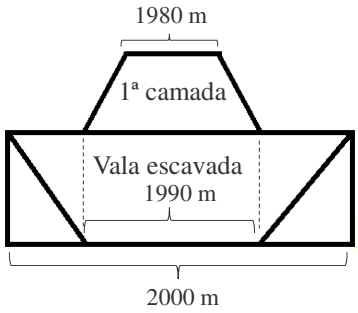
Total a ser disposto: 18.772.000 m³
Faltarão = 11.340.605 m³
Solução: nova camada.

Com a escavação dessa área podem ser obtidos $7{,}4.10^6$ m³ de terra pra cobertura

Volume calculado necessário para os 30 anos de operação do aterro: 3.128.600 m³

Excedente (para comercialização e/ou uso em outros fins): 4.302.795 m³ .





$$V = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$$

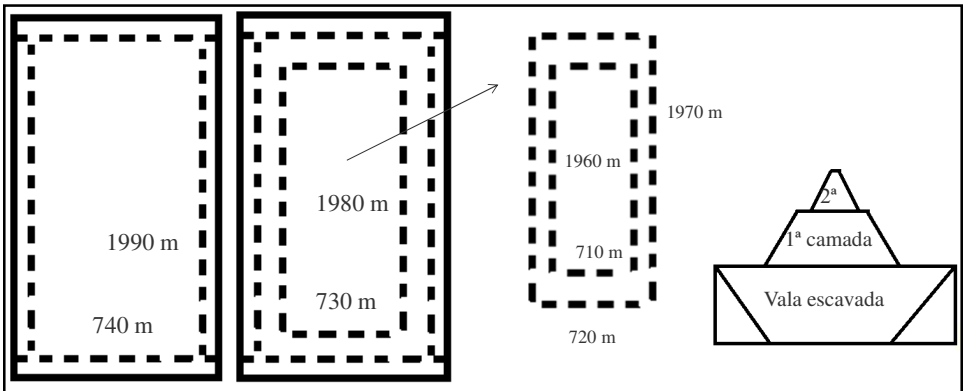
Onde,
V → é o volume do tronco
h → é a altura do tronco
S_B → é a área da base maior
S_b → é a área da base menor

V = 5/3 (1.472.600 + (1.472.600 x 1.445.400)$^{1/2}$ + 1.445.400)

V = 7.294.895 m^3

Total que restava: 11.340.605 m^3
Faltarão: 4.045.710 m^3
Solução: nova camada.





$$V = \frac{h}{3} \cdot (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b)$$

Onde,
V → é o volume do tronco
h → é a altura do tronco
S_B → é a área da base maior
S_b → é a área da base menor

V = 5/3 (1.418.400 + (1.418.400 x 1.1.391.600)$^{1/2}$ + 1.391.600)

V = 7.024.893 m^3

Restavam: 4.045.710 m^3
Irão "sobrar": 2.979.183 m^3 de espaço

Considerando que eram 18.772.000 m^3 por 30 anos,
significa 625.733 m^3 de material para ser enterrado por ano
2.979.183 : 625.733 = 4,76 anos a mais!!!