



CILINDROS

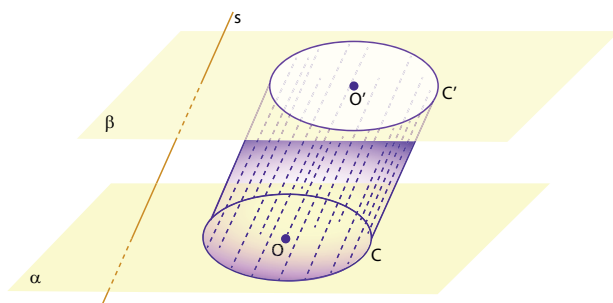
Em diversas situações do cotidiano, observamos figuras cilíndricas como uma lata de refrigerante, uma cesta de lixo, uma vela, um reservatório, etc. Estudaremos então quais são as características e propriedades dessas formas geométricas.



<https://pixabay.com/pt/vectors/bebidas-refrigerante-latas-verde-308014/>

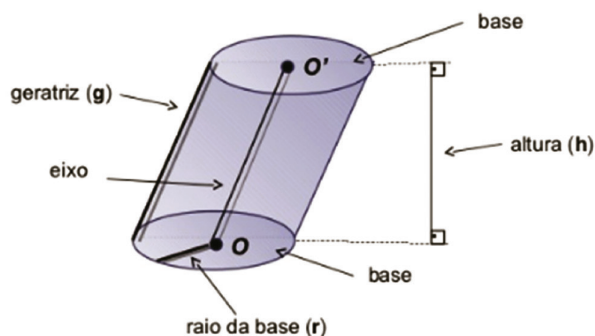
CILINDROS CIRCULARES

Considere dois planos paralelos α e β , uma reta s secante a esses planos e um círculo C de centro O contido em α . Consideremos agora, todos os segmentos de reta, paralelos a s , de modo que cada um deles tenha um extremo pertencente ao círculo C e o outro extremo pertencente a β . A reunião de todos esses segmentos de reta é um sólido chamado de cilindro circular.



ELEMENTOS DE UM CILINDRO

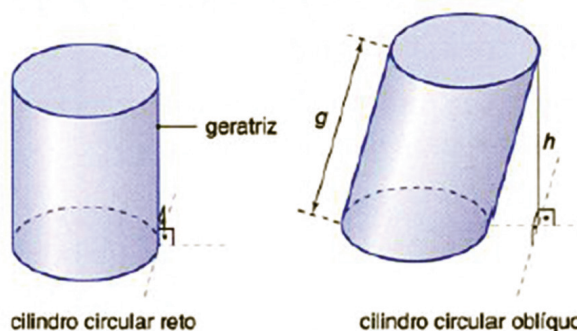
Observando o cilindro circular abaixo, nomeamos alguns elementos:



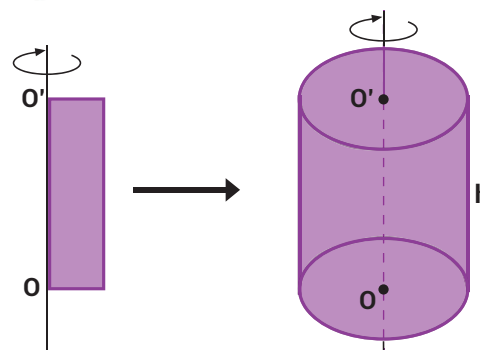
- Bases: Círculos de raio r e centro O e O' ;
- Eixo: reta que contém os centros O e O' ;
- Raio da base (r): raio do círculo de centro O ;
- Altura (h): distância entre as bases do cilindro;
- Geratriz: todo segmento de reta paralelo ao eixo OO' que tem extremidades pertencentes às circunferências das bases. Exemplo: AA' .

CILINDRO CIRCULAR RETO OU CILINDRO DE REVOLUÇÃO

Se o cilindro circular possui o eixo perpendicular à base, o chamamos de cilindro circular reto. Observe que nesse caso, a medida da geratriz é igual à altura. Caso contrário, o chamamos de cilindro circular oblíquo.

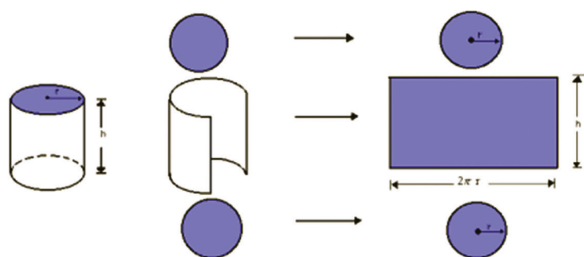


O cilindro circular reto também é conhecido como cilindro de revolução, pois pode ser obtido por uma revolução, ou rotação, de 360° de um retângulo em torno de um eixo que contém um de seus lados.



PLANIFICAÇÃO DO CILINDRO CIRCULAR RETO

Para um melhor entendimento, corte as bases do cilindro, e em seguida, imagine a superfície lateral envolvida por um rótulo. Corte esse rótulo por uma geratriz e o desenrole, como sugere a figura abaixo.



Assim, temos que a superfície lateral de um cilindro circular reto de altura h e raio da base r é equivalente à reunião de um retângulo de base $2\pi r$ e altura h , com dois círculos de raio r .

ÁREAS LATERAL E TOTAL

A área lateral de um cilindro qualquer é a área da superfície formada pela reunião de todas as geratrizes do cilindro. Portanto, no cilindro circular reto de altura h e raio da base r , a área lateral é a área do retângulo obtido na planificação. Assim,

$$A_{\text{lateral}} = 2\pi r \cdot h$$

Já a área total, obtemos somando a área lateral com a área das duas bases, ou seja,

$$A_{\text{total}} = A_{\text{lateral}} + 2 \cdot A_{\text{base}}$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

01. A área lateral de um cilindro circular reto cuja altura é igual ao diâmetro é $100\pi \text{ cm}^2$. Calcule a área total desse cilindro.

Resolução:

$$h = 2r$$

$$A_{\text{lateral}} = 2\pi r \cdot h = 2\pi r \cdot 2r = 100\pi$$

$$4r^2 = 100 \Rightarrow r^2 = 25 \Rightarrow r = 5$$

$$A_{\text{total}} = A_{\text{lateral}} + 2 \cdot A_{\text{base}}$$

$$A_{\text{total}} = 100\pi + 2 \cdot \pi r^2$$

$$A_{\text{total}} = 100\pi + 2 \cdot 25\pi$$

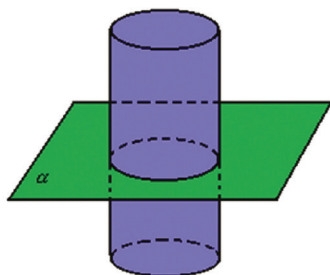
$$A_{\text{total}} = 100\pi + 50\pi$$

$$A_{\text{total}} = 150\pi \text{ cm}^2$$

SEÇÕES EM UM CILINDRO

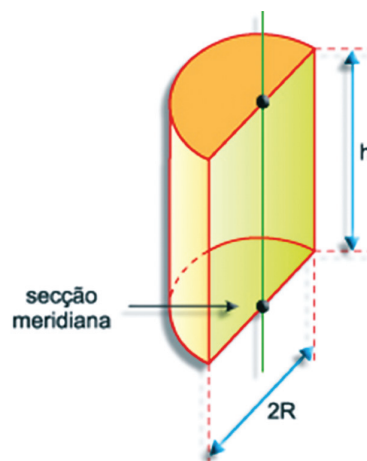
Temos duas seções muito importantes, chamadas de seção transversal e seção meridiana.

Chamamos seção transversal do cilindro qualquer interseção não vazia do cilindro com um plano paralelo às suas bases.



Cabe ressaltar que a essa seção formada é um círculo congruente às bases.

Outra seção muito importante é a chamada seção meridiana, que é a interseção do cilindro com um plano que passa pelos centros de suas bases.

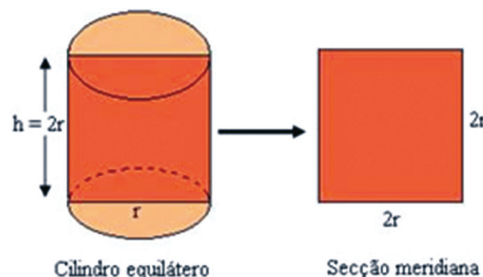


Podemos ainda, calcular a área da seção meridiana, pois num cilindro reto será um retângulo de base $2R$ e altura h , logo:

$$A_{\text{seção meridiana}} = 2R \cdot h$$

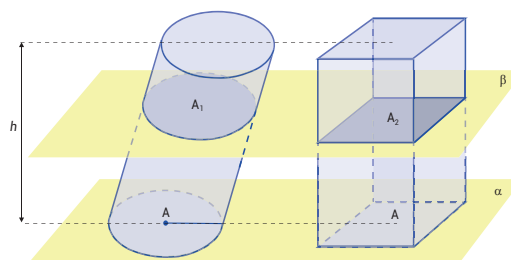
CILINDRO EQUILÁTERO

Um caso particular de cilindros é o chamado cilindro equilátero, que é todo cilindro circular reto cujas seções meridianas são quadradas, em outras palavras, a altura é igual ao diâmetro ($h = 2r$).



VOLUME DO CILINDRO

Considere um cilindro de altura h e base de área A contida em um plano horizontal. Imaginemos um paralelepípedo retângulo de altura h , com base de área A contida no mesmo plano. Se um outro plano horizontal os secciona formando áreas A_1 e A_2 , então temos que $A_1 = A = A_2$ e pelo princípio de Cavalieri, os dois têm mesmo volume. Logo, o volume do cilindro é também o produto da área da base pela altura.



Portanto o volume do cilindro é:

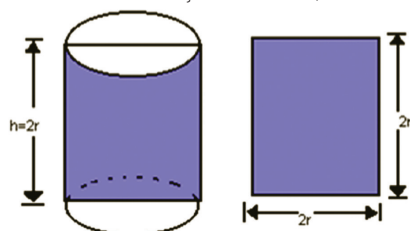
$$V_{\text{cilindro}} = \pi r^2 \cdot h$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

02. Calcule o volume de um cilindro equilátero cuja área da secção meridiana vale 36 cm^2 .

Resolução:

Determinando a seção meridiana, obtemos:

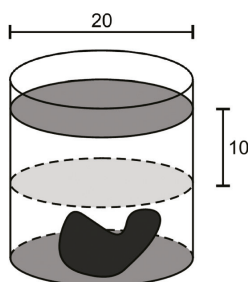


$$S_{\text{S.M.}} = 2r \cdot H = 2r \cdot 2r = 4r^2 = 36 \rightarrow r^2 = 9 \leftrightarrow r = 3 \text{ cm.}$$

Assim, a altura do cilindro é $h = 6$ e seu volume $V = \pi r^2 h = \pi \cdot 3^2 \cdot 6 = 54 \text{ cm}^3$.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

03. Arquimedes, para achar o volume de um objeto de forma irregular, mergulhou-o num tanque cilíndrico circular reto contendo água. O nível da água subiu 10 cm sem transbordar. Se o diâmetro do tanque é 20 cm, então o volume do objeto é:

**Resolução:**

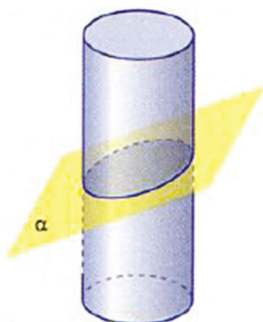
O volume do objeto submerso é igual ao volume do líquido deslocado. Dessa forma, o volume do objeto é igual ao volume do cilindro com raio da base 10 cm e altura 10 cm.

$$V = \pi r^2 h$$

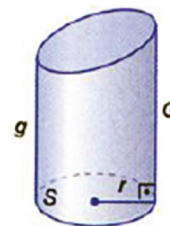
$$V = \pi \cdot 10^2 \cdot 10 = 1000\pi \text{ cm}^3$$

TRONCO DE CILINDRO

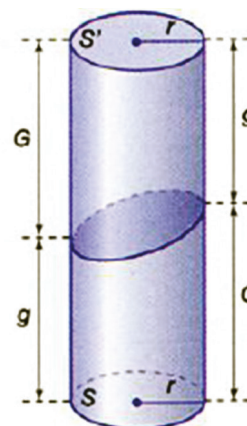
Considere um cilindro circular e um plano que o intersecta obliquamente em todas as geratrizes. Este plano o separa em dois sólidos chamados de troncos de cilindro circular.



Consideremos um tronco de cilindro circular reto cujo raio da base é r , a geratriz maior é G e a menor é g .



Prolongando as geratrizes de modo a obter um cilindro reto de altura $g + G$, temos:

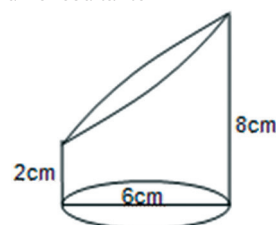


Observemos que este cilindro é composto por dois troncos congruentes, logo o volume do tronco de cilindro é a metade do volume do cilindro.

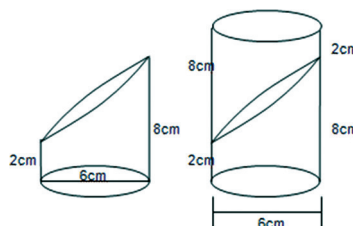
$$V_{\text{tronco}} = \frac{\pi r^2 \cdot (g + G)}{2}$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

04. Um cilindro reto com diâmetro da base igual a 6 cm é seccionado por um plano oblíquo a ela, que determina, no cilindro, alturas entre 2 cm e 8 cm, como indicado na figura. Determine o volume resultante.

**Resolução:**

Dobrando o tronco de cilindro, obtemos:



$$\text{Logo, } 2V = \pi \cdot 3^2 \cdot \frac{(8 + 2)}{2} \rightarrow V = 45\pi \text{ cm}^3$$



EXERCÍCIOS PROTREINO

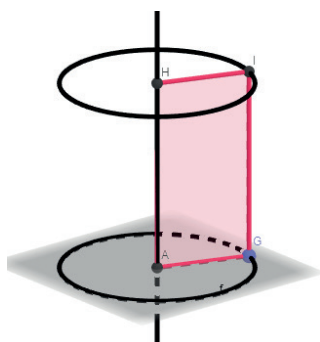
01. Um cilindro circular reto possui raio da base igual a 3 cm e altura 4 cm. Determine a área lateral do cilindro descrito.

02. Calcule o volume de um cilindro equilátero de altura igual a 5 cm.

03. O volume de uma lata cilíndrica é 942 cm^3 . Sabendo que a medida da altura dessa lata é 14 cm, determine a medida de seu raio. (Use $\pi = 3,14$)

04. Um cilindro reto com altura igual a 6 cm e o volume $486 \pi \text{ cm}^3$, calcule o valor da área da superfície lateral.

05. Sabendo que o cilindro de revolução abaixo será formado por um retângulo cuja altura é três vezes maior que o comprimento da base. Sendo assim, determine a área total do cilindro circular reto.



EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (ENEM) Para resolver o problema de abastecimento de água foi decidida, numa reunião do condomínio, a construção de uma nova cisterna. A cisterna atual tem formato cilíndrico, com 3 m de altura e 2 m de diâmetro, e estimou-se que a nova cisterna deverá comportar 81 m^3 de água, mantendo o formato cilíndrico e a altura da atual. Após a inauguração da nova cisterna a antiga será desativada.

Utilize 3,0 como aproximação para π .

Qual deve ser o aumento, em metros, no raio da cisterna para atingir o volume desejado?

- 0,5
- 1,0
- 2,0
- 3,5
- 8,0

02. (ENEM) Uma empresa que organiza eventos de formatura confecciona canudos de diplomas a partir de folhas de papel quadradas. Para que todos os canudos fiquem idênticos, cada folha é enrolada em torno de um cilindro de madeira de diâmetro d em centímetros, sem folga, dando-se 5 voltas completas em torno de tal cilindro. Ao final, amarra-se um cordão no meio do diploma, bem ajustado, para que não ocorra o desenrolamento, como ilustrado na figura.

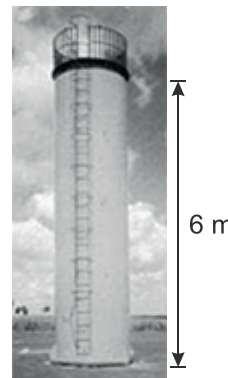


Em seguida, retira-se o cilindro de madeira do meio do papel enrolado, finalizando a confecção do diploma. Considere que a espessura da folha de papel original seja desprezível.

Qual é a medida, em centímetros, do lado da folha de papel usado na confecção do diploma?

- πd
- $2\pi d$
- $4\pi d$
- $5\pi d$
- $10\pi d$

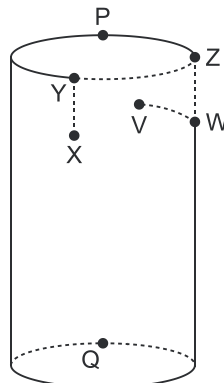
03. (ENEM) A figura ao lado mostra um reservatório de água na forma de um cilindro circular reto, com 6 m de altura. Quando está completamente cheio, o reservatório é suficiente para abastecer, por um dia, 900 casas cujo consumo médio diário é de 500 litros de água.



Suponha que, um certo dia, após uma campanha de conscientização do uso da água, os moradores das 900 casas abastecidas por esse reservatório tenham feito economia de 10% no consumo de água. Nessa situação,

- a quantidade de água economizada foi de $4,5 \text{ m}^3$.
- a altura do nível da água que sobrou no reservatório, no final do dia, foi igual a 60 cm.
- a quantidade de água economizada seria suficiente para abastecer, no máximo, 90 casas cujo consumo diário fosse de 450 litros.
- os moradores dessas casas economizariam mais de R\$ 200,00, se o custo de 1 m^3 de água para o consumidor fosse igual a R\$ 2,50.
- um reservatório de mesma forma e altura, mas com raio da base 10% menor que o representado, teria água suficiente para abastecer todas as casas.

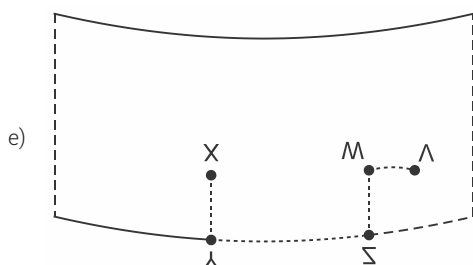
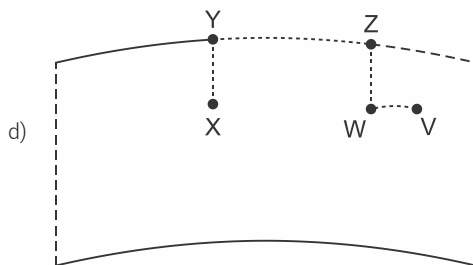
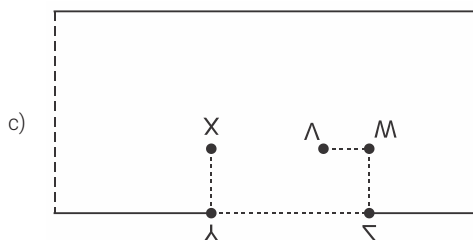
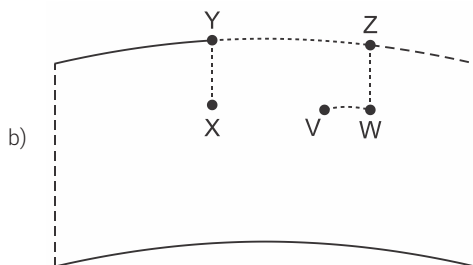
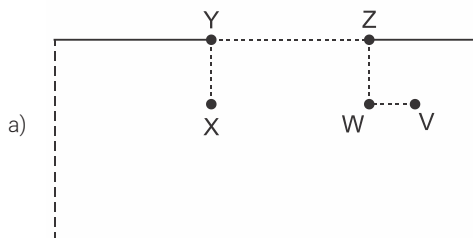
04. (ENEM PPL) Uma formiga encontra-se no ponto X, no lado externo de um copo que tem a forma de um cilindro reto. No lado interno, no ponto V, existe um grão de açúcar preso na parede do copo. A formiga segue o caminho XYZWV (sempre sobre a superfície lateral do copo), de tal forma que os trechos ZW e WV são realizados na superfície interna do copo. O caminho XYZWV é mostrado na figura.



Sabe-se que: os pontos X, V, W se encontram à mesma distância da borda; o trajeto WV é o mais curto possível; os trajetos XY e ZW são perpendiculares à borda do copo; e os pontos X e V se encontram diametralmente opostos.

Supondo que o copo é de material recortável, realiza-se um corte pelo segmento unindo P a Q, perpendicular à borda do copo, e recorta-se também sua base, obtendo então uma figura plana. Desconsidere a espessura do copo.

Considerando apenas a planificação da superfície lateral do copo, a trajetória da formiga é



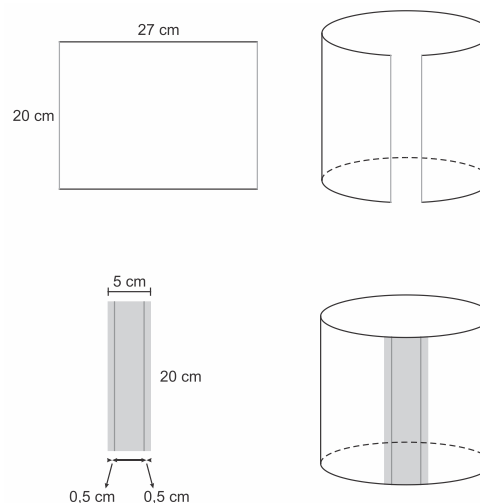
05. (MACKENZIE) Se as áreas laterais de dois cilindros equiláteros são, respectivamente, $16\pi \text{ cm}^2$ e $100\pi \text{ cm}^2$, então seus volumes, em cm^3 , são, respectivamente,

- a) $16\sqrt{2}\pi$ e $250\sqrt{2}\pi$ d) 24π e 150π
 b) 32π e 200π e) $24\sqrt{2}\pi$ e $150\sqrt{2}\pi$
 c) 16π e 250π

06. (UECE) A medida, em m^2 , da área da superfície total (área lateral e bases) de um cilindro circular reto tal que a medida da altura e a medida do raio da base são ambas iguais a 2 m é

- a) 14π c) 16π
 b) 12π d) 10π

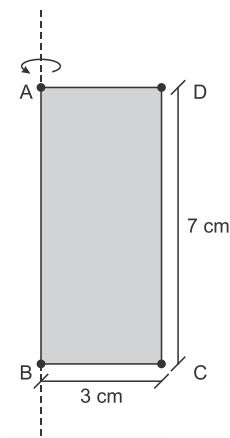
07. (UNESP) Os menores lados de uma folha de papel retangular de 20 cm por 27 cm foram unidos com uma fita adesiva retangular de 20 cm por 5 cm, formando um cilindro circular reto vazado. Na união, as partes da fita adesiva em contato com a folha correspondem a dois retângulos de 20 cm por 0,5 cm, conforme indica a figura.



Desprezando-se as espessuras da folha e da fita e adotando $\pi = 3,1$, o volume desse cilindro é igual a

- a) 1.550 cm^3 c) 1.652 cm^3 e) 1.922 cm^3
 b) 2.540 cm^3 d) 4.805 cm^3

08. (FMP) A figura mostra um retângulo ABCD cujos lados medem 7 cm e 3 cm. Um cilindro será formado girando-se o retângulo ABCD em torno da reta definida pelo seu lado AB.



A medida do volume desse cilindro, em centímetros cúbicos, é mais próxima de

- a) 750
 b) 441
 c) 63
 d) 126
 e) 190

09. (ENEM - LIBRAS) Com o objetivo de reformar os tambores cilíndricos de uma escola de samba, um alegorista decidiu colar adereços plásticos na forma de losango, como ilustrado na Figura 1, nas faces laterais dos tambores. Nesta colagem, os vértices opostos P e Q do adereço deverão pertencer às circunferências do topo e da base do tambor cilíndrico, respectivamente, e os vértices opostos R e S deverão coincidir após a colagem do adereço no tambor, conforme ilustra a Figura 2. Considere que o diâmetro do cilindro correspondente ao tambor meça 0,4 metro. Utilize 3,1 como aproximação para π .

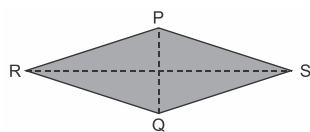


Figura 1

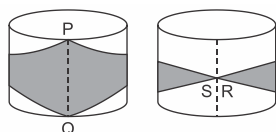


Figura 2

A diagonal RS do adereço a ser confeccionado pelo alegorista deve medir, em metro,

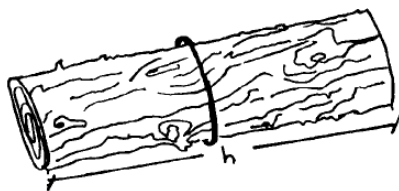
- a) 0,124. c) 0,496. e) 2,480.
b) 0,400. d) 1,240.

10. (UERJ) Um tonel cilíndrico, sem tampa e cheio de água, tem 10 dm de altura e raio da base medindo 5 dm. Considerando $\pi = 3,14$, ao inclinarmos o tonel em 45° , o volume de água derramada, em dm^3 , é aproximadamente de:

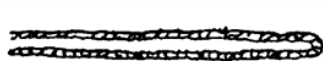
- a) 155 c) 353
b) 263 d) 392

11. (ENEM) Em muitas regiões do Estado do Amazonas, o volume de madeira de uma árvore cortada é avaliado de acordo com uma prática dessas regiões:

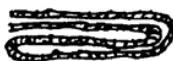
- I. Dá-se uma volta completa em torno do tronco com um barbante.



- II. O barbante é dobrado duas vezes pela ponta e, em seguida, seu comprimento é medido com fita métrica.



1ª dobra



2ª dobra

- III. O valor obtido com essa medida é multiplicado por ele mesmo e depois multiplicado pelo comprimento do tronco. Esse é o volume estimado de madeira.

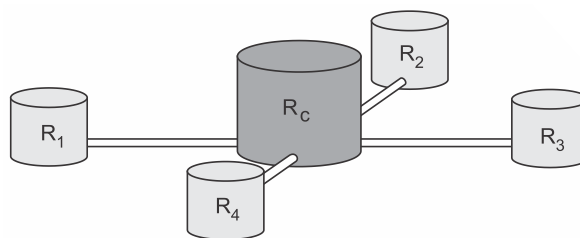
Outra estimativa pode ser obtida pelo cálculo formal do volume do tronco, considerando-o um cilindro perfeito.

A diferença entre essas medidas é praticamente equivalente às perdas de madeira no processo de corte para comercialização.

Pode-se afirmar que essas perdas são da ordem de

- a) 30%. c) 15%. e) 5%.
b) 22%. d) 12%.

12. (ENEM) Uma construtora pretende conectar um reservatório central (R_c) em formato de um cilindro, com raio interno igual a 2 m e altura interna igual a 3,30 m, a quatro reservatórios cilíndricos auxiliares (R_1 , R_2 , R_3 e R_4), os quais possuem raios internos e alturas internas medindo 1,5 m.



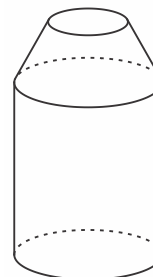
As ligações entre o reservatório central e os auxiliares são feitas por canos cilíndricos com 0,10 m. de diâmetro interno e 20 m de comprimento, conectados próximos às bases de cada reservatório. Na conexão de cada um desses canos com o reservatório central há registros que liberam ou interrompem o fluxo de água.

No momento em que o reservatório central está cheio e os auxiliares estão vazios, abrem-se os quatro registros e, após algum tempo, as alturas das colunas de água nos reservatórios se igualam, assim que cessa o fluxo de água entre eles, pelo princípio dos vasos comunicantes.

A medida, em metro, das alturas das colunas de água nos reservatórios auxiliares, após cessar o fluxo de água entre eles, é

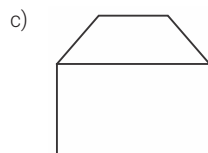
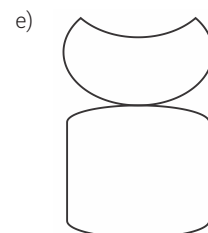
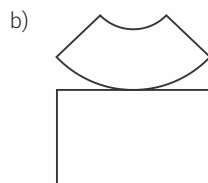
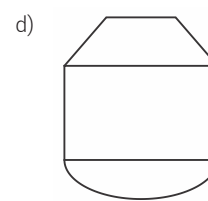
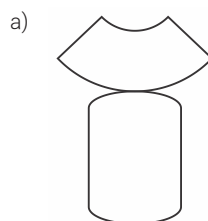
- a) 1,44. c) 1,10. e) 0,95.
b) 1,16. d) 1,00.

13. (ENEM - LIBRAS) Para divulgar sua marca, uma empresa produziu um porta-canetas de brinde, na forma do sólido composto por um cilindro e um tronco de cone, como na figura.

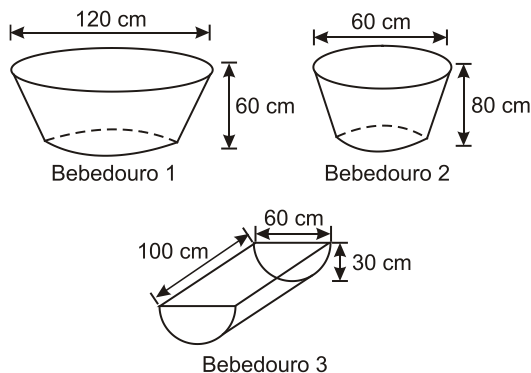


Para recobrir toda a superfície lateral do brinde, essa empresa encomendará um adesivo na forma planificada dessa superfície.

Que formato terá esse adesivo?

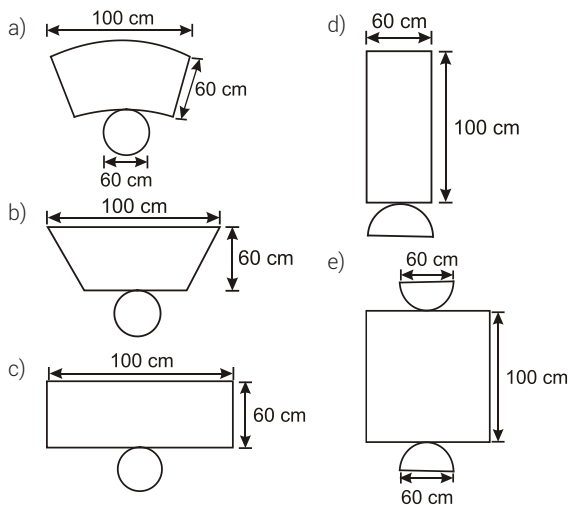


14. (ENEM) Alguns testes de preferência por bebedouros de água foram realizados com bovinos, envolvendo três tipos de bebedouros, de formatos e tamanhos diferentes. Os bebedouros 1 e 2 têm a forma de um tronco de cone circular reto, de altura igual a 60 cm, e diâmetro da base superior igual a 120 cm e 60 cm, respectivamente. O bebedouro 3 é um semicilindro, com 30 cm de altura, 100 cm de comprimento e 60 cm de largura. Os três recipientes estão ilustrados na figura.

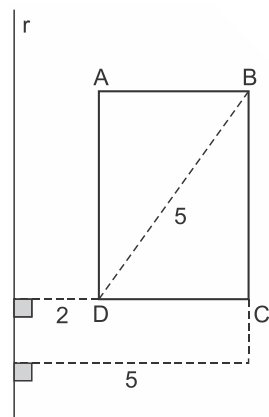


A escolha do bebedouro. In: Biotemas. V.22, n.º4, 2009 (adaptado)

Considerando que nenhum dos recipientes tenha tampa, qual das figuras a seguir representa uma planificação para o bebedouro 3?



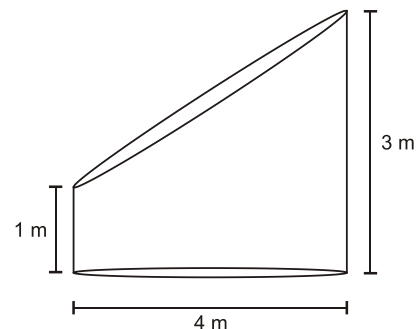
15. (UFRGS) Considere o sólido obtido pela revolução do retângulo ABCD em torno da reta r , conforme indicado na figura a seguir.



O volume do sólido obtido é

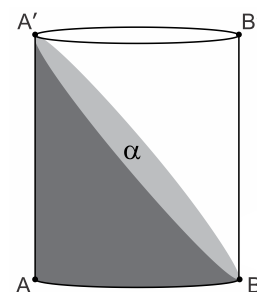
- 16π .
- 84.
- 100.
- 84π .
- 100π .

16. (IFAL) Um cilindro reto de 4 m de diâmetro, 2 m e 8 m de altura é cortado por um plano não paralelo à sua base, resultando no sólido ilustrado na figura abaixo. O volume do sólido é:



- $6\pi \text{ cm}^3$.
- $8\pi \text{ cm}^3$.
- $10\pi \text{ cm}^3$.
- $12\pi \text{ cm}^3$.
- nda.

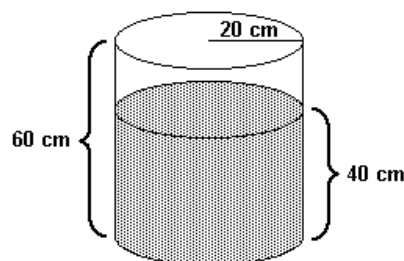
17. (UERJ) Um cilindro circular reto possui diâmetro AB de 4 cm e altura AA' de 10 cm. O plano α , perpendicular à seção meridiana ABB'A', que passa pelos pontos B e A' das bases, divide o cilindro em duas partes, conforme ilustra a imagem.



O volume da parte do cilindro compreendida entre o plano α e a base inferior, em cm^3 , é igual a:

- 8 π
- 12 π
- 16 π
- 20 π

18. (UERJ) Um recipiente cilíndrico de 60 cm de altura e base com 20 cm de raio está sobre uma superfície plana horizontal e contém água até a altura de 40 cm, conforme indicado na figura.



Imergindo-se totalmente um bloco cúbico no recipiente, o nível da água sobe 25%. Considerando π igual a 3, a medida, em cm, da aresta do cubo colocado na água é igual a:

- $10\sqrt{2}$
- $10^3\sqrt{2}$
- $10\sqrt{12}$
- $10^3\sqrt{12}$

19. (UECE) Um fabricante de latas de alumínio com a forma de cilindro circular reto vai alterar as dimensões das latas fabricadas de forma que volume seja preservado. Se a medida do raio da base das novas latas é o dobro da medida do raio da base das antigas, então a medida da nova altura é

- a metade da medida da altura das latas antigas.
- um terço da medida da altura das latas antigas.
- um quarto da medida da altura das latas antigas.
- dois terços da medida da altura das latas antigas.

20. (INSPER) Um cilindro circular reto, branco, possui 20 cm de diâmetro da base e 80 cm de altura. Sobre a lateral desse cilindro, foi pintada uma faixa marrom de largura uniforme igual a 3,14 cm. A faixa completou duas revoluções ao redor do cilindro, como mostra a figura.

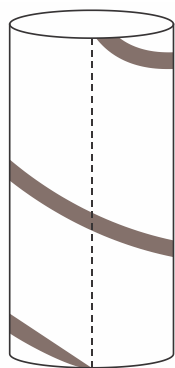


figura fora de escala

Nas condições descritas, a faixa marrom ocupou, da área lateral do cilindro, aproximadamente,

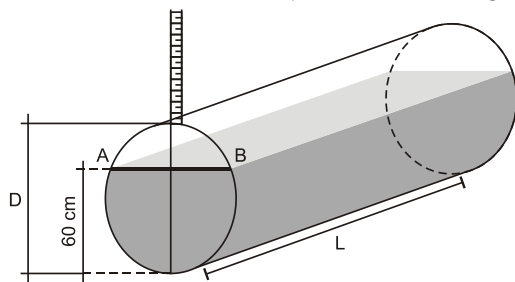
- 5%.
- 25%.
- 0,5%.
- 2,5%.
- 10%.



EXERCÍCIOS DE APROFUNDAMENTO

01. (UFTM) Em um laboratório, um reservatório, que contém um medicamento líquido, tem a forma de um cilindro circular reto, com medidas internas de diâmetro D e comprimento L iguais a 80 cm e 100 cm, respectivamente. O reservatório repousa sobre uma superfície plana e horizontal.

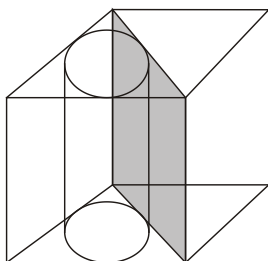
Diariamente, um funcionário verifica a quantidade de medicamento no reservatório usando uma régua, que é inserida verticalmente até atingir a extremidade inferior do tanque, como mostra a figura.



Nessas condições, determine:

- a capacidade total aproximada, em litros, desse reservatório.
- a medida, em centímetros, da corda $\overline{AB}$, representada na figura, indicando o nível horizontal do medicamento em relação à superfície.

02. (UERJ) Uma caixa cúbica foi dividida em duas partes por um plano que contém duas diagonais de faces opostas da caixa. Uma das partes acomoda, sem folga, uma lata com a forma de um cilindro circular reto, conforme ilustrado a seguir.

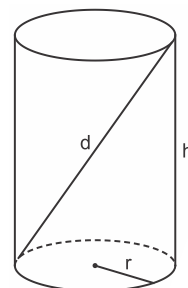


Desprezando as espessuras dos materiais utilizados na lata, na caixa e na divisória, calcule a razão entre o volume do cilindro e o da caixa.

03. (UERJ) Um lago circular com diâmetro de 40 m e profundidade uniforme de 3 m tem 80% de sua capacidade ocupada por água poluída que apresenta uma concentração de sais de mercúrio de 0,5 kg por litro. Uma indústria despeja no lago, a uma taxa de 10 L por segundo, água poluída com a mesma substância, porém com concentração de 1,5 kg por litro.

- Considerando $\pi = 3$, calcule o número de horas necessário para que o lago fique totalmente cheio.
- Supondo uma mistura homogênea, determine a concentração de sais de mercúrio no lago, no instante em que ele está cheio.

04. (UNICAMP) Seja um cilindro circular reto com raio da base de comprimento $r = 2$ cm e altura de comprimento h . Seja d a maior distância entre dois pontos desse cilindro, como ilustra a figura abaixo.



- Supondo que o cilindro tenha volume igual a um litro, calcule sua área de superfície total.
- Determine o valor de d no caso em que (r, h, d) seja uma progressão geométrica.

05. (UFPR)



Na modelagem matemática de um processo de fabricação, é comum supor que não há perda de material com emendas, sobreposição de partes etc.

Deseja-se construir um reservatório cilíndrico com diâmetro de 120 cm e capacidade de $1,5 \text{ m}^3$. Neste problema, estamos nos referindo a um cilindro circular reto perfeito. Para fazer a lateral desse cilindro, será usada uma chapa metálica retangular de comprimento b e altura h . Use $\pi = 3,14$ e dê suas respostas com duas casas decimais.

- Calcule o comprimento b que a chapa deve ter.
- Calcule a altura h que a chapa deve ter.

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. C	05. C	09. D	13. B	17. D
02. D	06. C	10. D	14. E	18. D
03. B	07. A	11. B	15. D	19. C
04. A	08. E	12. D	16. B	20. A

EXERCÍCIOS DE APROFUNDAMENTO

- 502,4 L
 - $\overline{AB} = 40\sqrt{3}$ cm.
- $$\frac{V_{\text{(cilindro)}}}{V_{\text{(cubo)}}} = \frac{\pi(2-\sqrt{2})^2}{4}$$
 - $8 \cdot (\pi + 125) \text{ cm}^2$
 - $1 + \sqrt{17}$ cm.
- 20 horas
 - 0,7 kg / L
- $b = 3,768$ m
 - $h \approx 1,33$ m