In [1]:
```
import IPython.display as ipd
import sympy as sy

x, y, z, d = sy.symbols('x y z d')
sy.init_printing()
```

LISTA 5 - QUESTÃO 3

In [2]:
```
ipd.Image(filename='L5Q3.png')
```

Out[2]:

3ª Questão) A barragem de concreto "gravitacional", mostra na Figura 3, é mantida no lugar por seu próprio peso. Se a densidade do concreto for $\rho_c = 2,5\ Mg/m^3$, e a água tem uma densidade de $\rho_a = 1,0\ Mg/m^3$, determine o menor dimensão d que impedirá a barragem de tombar sobre o ponto A.

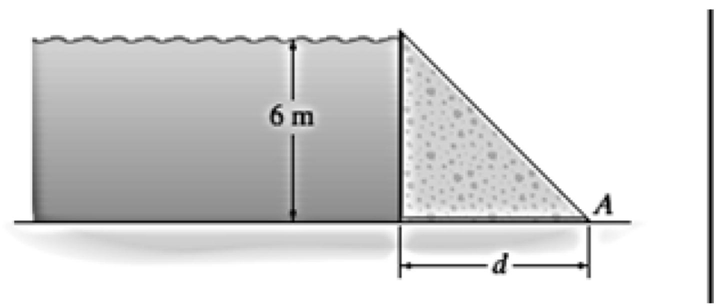

Figura 3.

Dados necessários:

In [3]:
```
rho_concreto = 2.5e3 # [kg/m³]
rho_agua = 1e3 # [kg/m³]
H = 6 # [m]
g = 9.81 # [m/s²]
```

Objetivos: Dimensionar a base 'd', mínima da barragem

nota: 0<h<(H=6)

Cálculo do carregamento sobre a barragem:

In [4]:
```
b = 1 # Largura da barragem
w = rho_agua * g * H * b
print('carregamento sobre a barragem W: {:.3e} N/m'.format(w))
```

```
carregamento sobre a barragem W: 5.886e+04 N/m
```

Cálculo do esforço cortante:

In [5]:
```
Fr = sy.integrate(rho_agua * g * z * b, (z, 0, H))
print('Esforço Cortante: {:.3e} N'.format(Fr))
```

```
Esforço Cortante: 1.766e+5 N
```

Agora calculamos o ponto de ação da força resultante, ou seja, o centroide do volume sob o carregamento

(integral do momento de inércia em relação ao eixo Z vezes o peso específico)

In [6]:
```
z = rho_agua * g * b * sy.integrate(z ** 2,(z, 0, 6)) / Fr
z_barra = z
print('Altura da resultante em relação a base: {:.1f} m'.format(z))
```

```
Altura da resultante em relação a base: 4.0 m
```

O peso da barragem deve contrabalancear o momento gerado pelo carregamento da água, dessa forma, temos:

1. A relação de carregamento da barragem
2. A parametrização da variação da base em relação à altura da base

In [7]:
```
p1 = (0, 0) # (z, y)
p2 = (6, d)
# equação da reta
z = 6 / d * y
z
```

Out[7]: $\frac{6y}{d}$

Criando a variável peso específico do concreto (pe_concreto)

In [8]:
```
pe_concreto = rho_concreto * g * b
pe_concreto
```

Out[8]: 24525.0

y varia de 0 a d, logo integramos nesse intervalo

In [9]:
```
w_resultante = pe_concreto * sy.integrate(z, (y, 0, d))
print('Carregamento ao longo da barragem: {} N'.format(w_resultante))
```

```
Carregamento ao longo da barragem: 73575.0*d N
```

Cálculo do ponto de atuação da força resultante da barragem:

In [10]:
```
momento_y = sy.integrate(pe_concreto * y * z, (y, 0, d))
momento_y
```

Out[10]: $49050.0d^2$

Cálculo do centroide em relação ao eixo y:

In [11]:
```
y_barra = momento_y / w_resultante
y_barra
```

Out[11]: $0.666666666666667d$

Etapa final para calcular a dimensão d: Estabelecer a equação de equilíbrio de momentos entre a barragem e a massa de água, então temos:

In [12]:
```
eq_momentos = sy.Eq(w_resultante * y_barra - Fr*(H-z_barra), 0)
```

```
eq_momentos
```

Out[12]: $49050.0d^2 - 353160.0 = 0$

In [13]:
```
d_solucoes = sy.solve(eq_momentos, d)
d_solucoes
```

Out[13]: $[-2.68328157299975,\ 2.68328157299975]$

In [14]:
```
print('A dimensão mínima da barragem é {:.3f} m'.format(d_solucoes[1]))
```

```
A dimensão mínima da barragem é 2.683 m
```

In [14]: