

# **Camada equivalente aplicada ao processamento e interpretação de dados de campos potenciais**

Vanderlei C. Oliveira Jr.

2016



**Observatório  
Nacional**



# Distúrbio de gravidade (parte B)

Vanderlei C. Oliveira Jr.

2016



Observatório  
Nacional



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\Delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_0 - \boldsymbol{\gamma}_Q$$

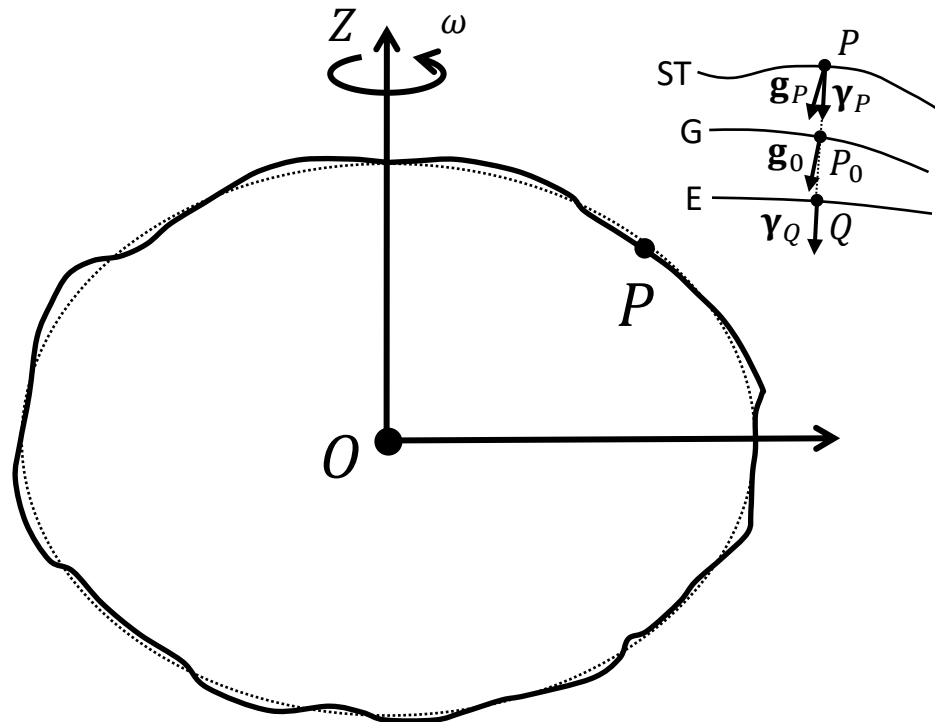
Vetor anomalia de  
gravidade

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de  
gravidade

$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

Anomalia de  
gravidade



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\Delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_0 - \boldsymbol{\gamma}_Q$$

Vetor anomalia de  
gravidade

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de  
gravidade

$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

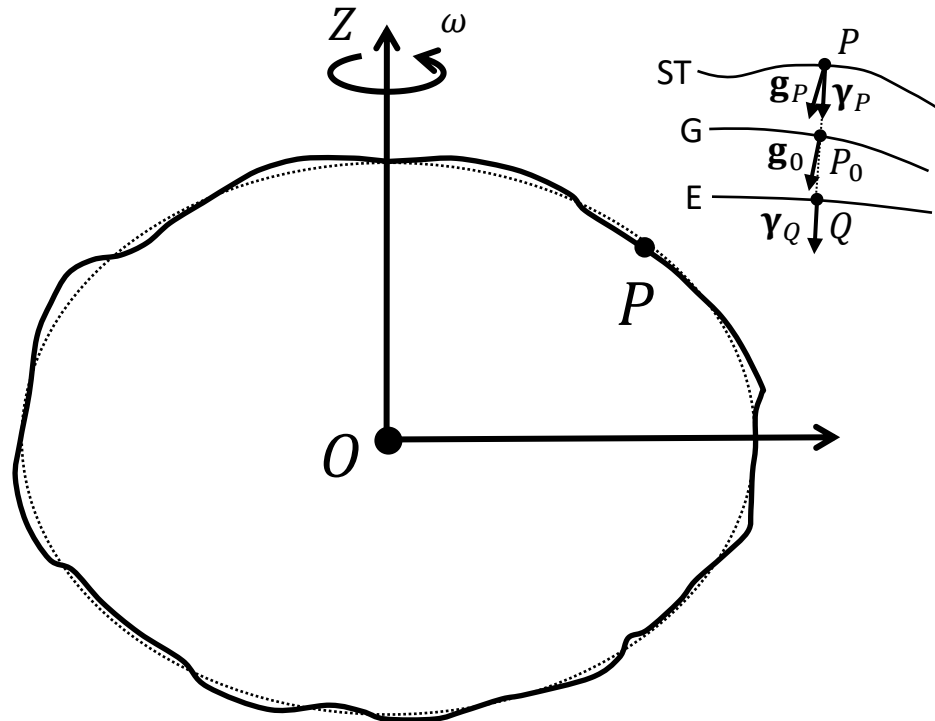
Anomalia de  
gravidade

Vetor gravidade normal

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\gamma}_P &= \nabla \tilde{W}_P \\ &= \nabla U_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

Vetor gravidade

$$\begin{aligned}\mathbf{g}_P &= \nabla W_P \\ &= \nabla V_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\Delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_0 - \boldsymbol{\gamma}_Q$$

Vetor anomalia de  
gravidade

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de  
gravidade

$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

Anomalia de  
gravidade

Vetor gravidade normal

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \tilde{W}_P$$

$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$

$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$

Potencial de gravidade normal

$$\tilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

Potencial de gravidade

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

Potencial centrífugo

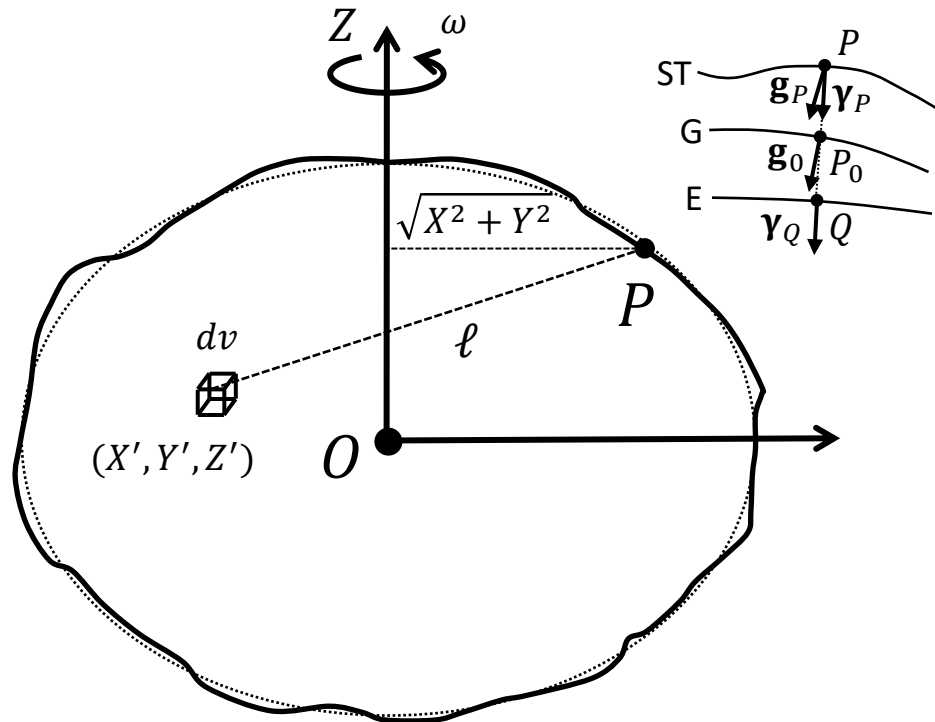
$$\Phi_P = \frac{1}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2)$$

Potencial gravitacional normal

$$U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

Potencial gravitacional

$$V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

## Vetor distúrbio de gravidade

$$\Delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_0 - \gamma_Q$$

## Vetor anomalia de gravidade

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

# Distúrbio de gravidade

$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

## Anomalia de gravidade

## Vetor gravidade normal

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\gamma}_P &= \nabla \tilde{W}_P \\ &= \nabla U_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

## Vetor gravidade

$$\begin{aligned}\mathbf{g}_P &= \nabla W_P \\ &= \nabla V_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

## Potencial de gravidade normal

$$\tilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

## Potencial de gravidade

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

## Potencial centrífugo

$$\Phi_P = \frac{1}{2} \omega^2 (\textcolor{teal}{X}^2 + \textcolor{teal}{Y}^2)$$

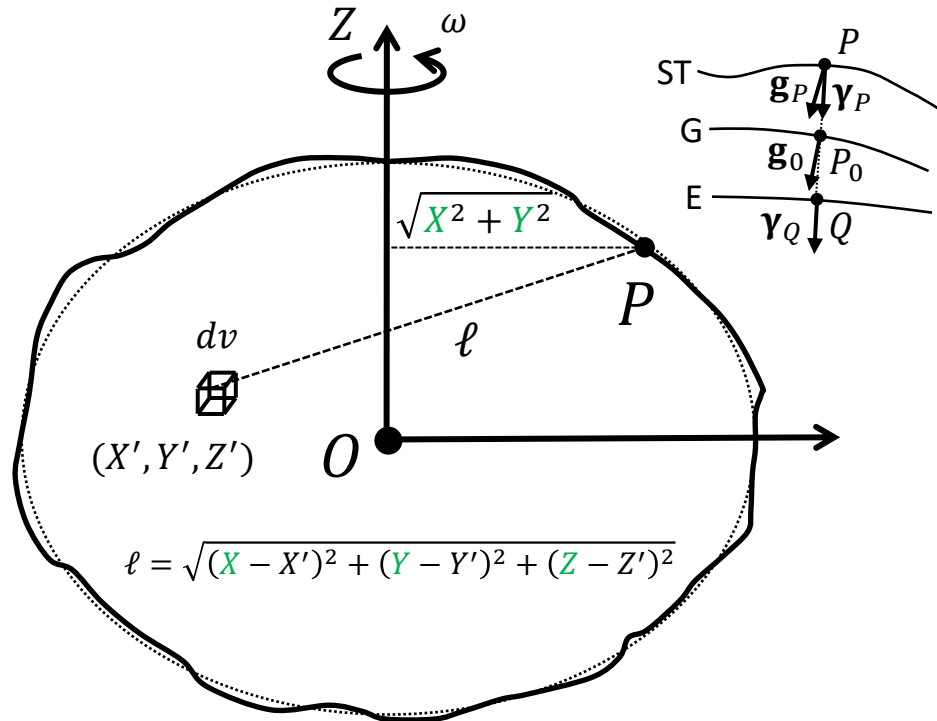
## Potencial gravitacional normal

$$U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

## Potencial gravitacional

$$V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

Vale lembrar que as derivadas são calculadas em relação às variáveis  $(X, Y, Z)$



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

## Vetor distúrbio de gravidade

$$\Delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_0 - \boldsymbol{\gamma}_Q$$

## Vetor anomalia de gravidade

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

# Distúrbio de gravidade

$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

# Anomalia de gravidade

## Vetor gravidade normal

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\gamma}_P &= \nabla \widetilde{W}_P \\ &= \nabla U_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

## Vetor gravidade

$$\begin{aligned}\mathbf{g}_P &= \nabla W_P \\ &= \nabla V_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

## Potencial de gravidade normal

$$\tilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

## Potencial de gravidade

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

## Potencial centrífugo

$$\Phi_P = \frac{1}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2)$$

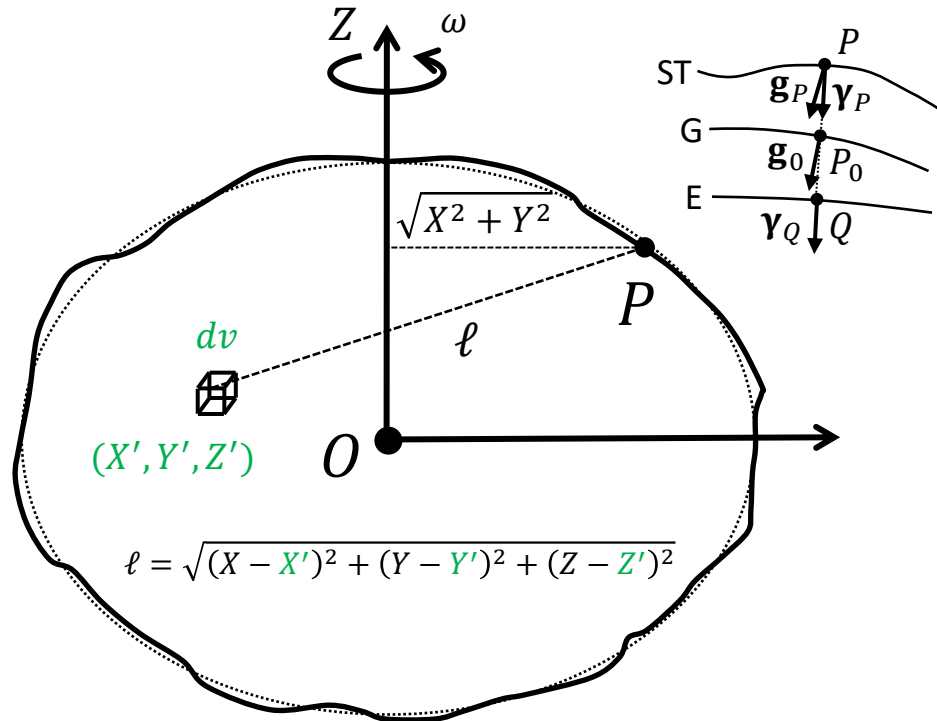
## Potencial gravitacional normal

$$U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

## Potencial gravitacional

$$V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

As distribuições de densidade  
são funções das variáveis de  
integração  $(X', Y', Z')$



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de gravidade

$$\Delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_0 - \boldsymbol{\gamma}_Q$$

Vetor anomalia de gravidade

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de gravidade

$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

Anomalia de gravidade

Vetor gravidade normal

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\gamma}_P &= \nabla \tilde{W}_P \\ &= \nabla U_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

Vetor gravidade

$$\begin{aligned}\mathbf{g}_P &= \nabla W_P \\ &= \nabla V_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

Potencial de gravidade normal

$$\tilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

Potencial de gravidade

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

Potencial centrífugo

$$\Phi_P = \frac{1}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2)$$

Potencial gravitacional normal

$$U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

Potencial gravitacional

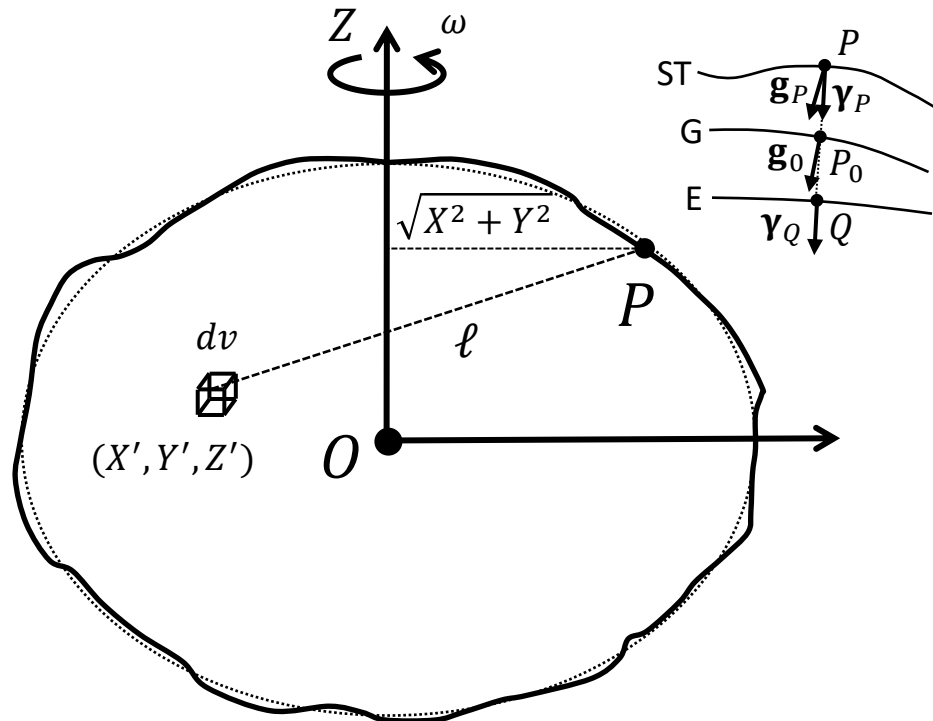
$$V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$U_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

Considere que  $\tilde{\rho}$   
se anula fora do  
volume da Terra  
Normal

Considere que  $\rho$   
se anula fora do  
volume da Terra

$$V_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\rho}{\ell} dv$$





$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de gravidade

$$\Delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_0 - \boldsymbol{\gamma}_Q$$

Vetor anomalia de gravidade

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de gravidade

$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

Anomalia de gravidade

Vetor gravidade normal

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\gamma}_P &= \nabla \tilde{W}_P \\ &= \nabla U_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

Vetor gravidade

$$\begin{aligned}\mathbf{g}_P &= \nabla W_P \\ &= \nabla V_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

Potencial de gravidade normal

$$\tilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

Potencial de gravidade

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

Potencial centrífugo

$$\Phi_P = \frac{1}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2)$$

Potencial gravitacional normal

$$U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

Potencial gravitacional

$$V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$U_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

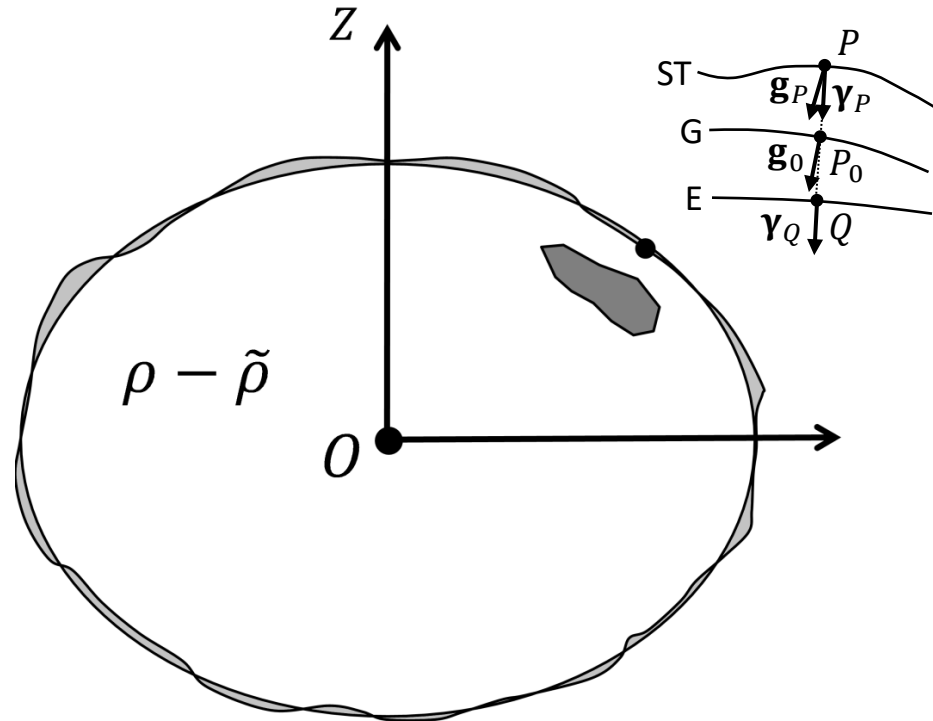
Considere que  $\rho$  se anula fora do volume da Terra

Considere que  $\tilde{\rho}$  se anula fora do volume da Terra Normal

$$V_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\delta \mathbf{g}_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\rho - \tilde{\rho}) \nabla \frac{1}{\ell} dv$$

Representa a atração gravitacional exercida pelas **massas anômalas** ou **fontes gravimétricas!**



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de gravidade

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de gravidade

Vetor gravidade normal

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\gamma}_P &= \nabla \tilde{W}_P \\ &= \nabla U_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

Potencial de gravidade normal

$$\tilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

Potencial centrífugo

$$\Phi_P = \frac{1}{2} \omega^2 (X^2 + Y^2)$$

Potencial gravitacional normal

$$U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\Delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_0 - \boldsymbol{\gamma}_Q$$

Vetor anomalia de gravidade

$$\Delta g_P = g_0 - \gamma_Q$$

Anomalia de gravidade

Vetor gravidade

$$\begin{aligned}\mathbf{g}_P &= \nabla W_P \\ &= \nabla V_P + \nabla \Phi_P\end{aligned}$$

Potencial de gravidade

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

Potencial gravitacional

$$V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$U_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

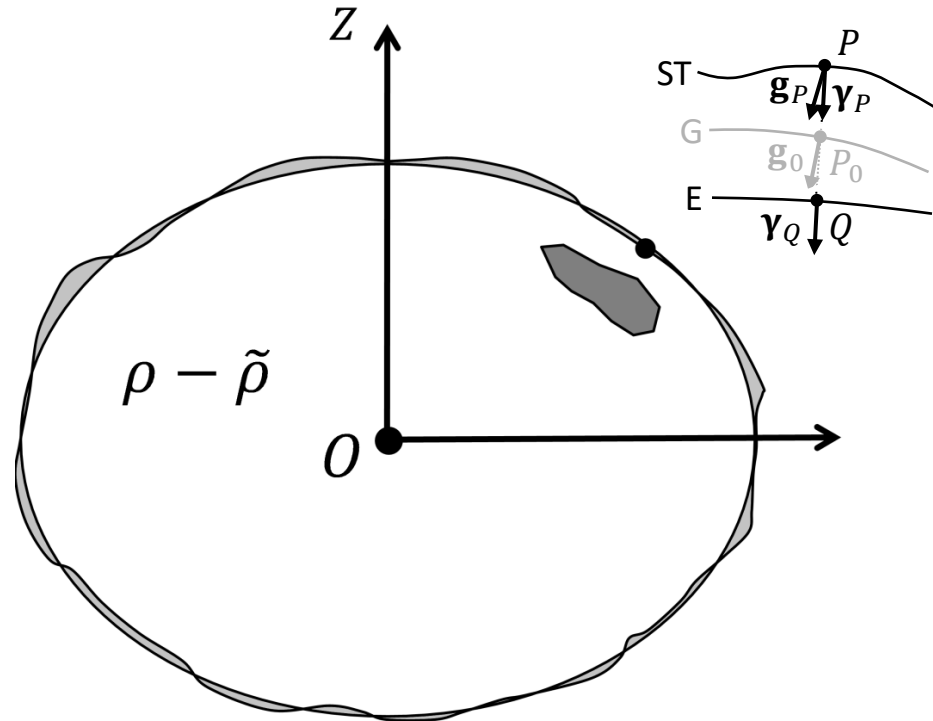
Considere que  $\tilde{\rho}$   
se anula fora do  
volume da Terra  
Normal

Considere que  $\rho$   
se anula fora do  
volume da Terra

$$V_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\delta \mathbf{g}_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\rho - \tilde{\rho}) \nabla \frac{1}{\ell} dv$$

Representa a atração gravitacional exercida pelas  
**massas anômalas** ou **fontes gravimétricas!**



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

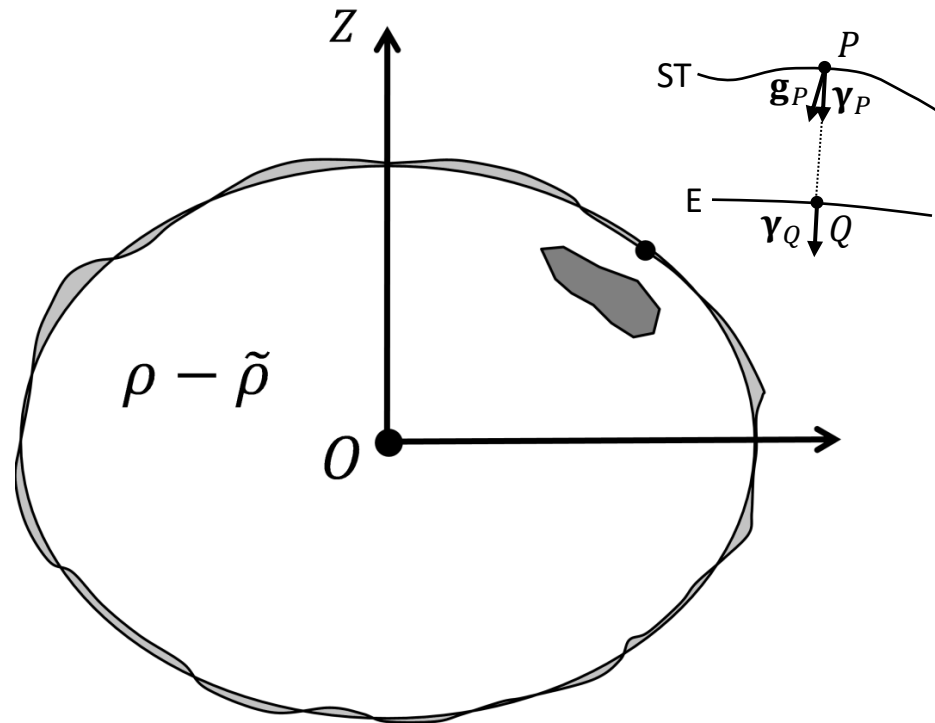
Distúrbio de  
gravidade

$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

Condição observada  
na prática

$$\delta \mathbf{g}_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\rho - \tilde{\rho}) \nabla \frac{1}{\ell} dv$$

Representa a atração gravitacional exercida pelas  
**massas anômalas** ou **fontes gravimétricas!**



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de  
gravidade

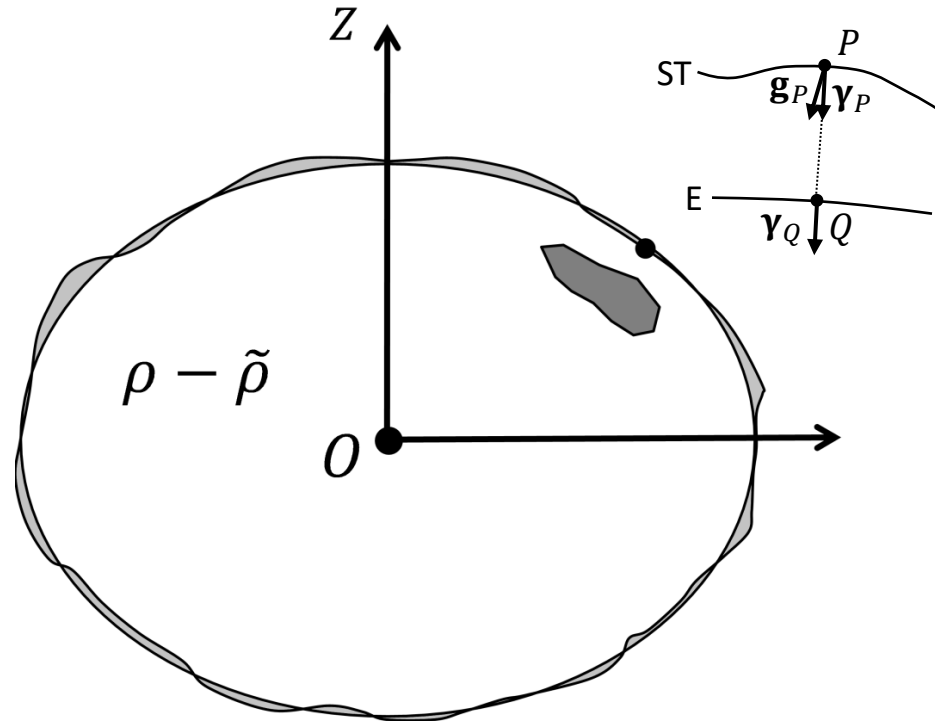
$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

Condição observada  
na prática

Esta integral pode ser reescrita de tal  
forma que represente o efeito de cada  
fonte, separadamente

$$\delta \mathbf{g}_P = G \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\rho - \tilde{\rho}) \nabla \frac{1}{\ell} dv$$

Representa a atração gravitacional exercida pelas  
**massas anômalas** ou **fontes gravimétricas!**



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

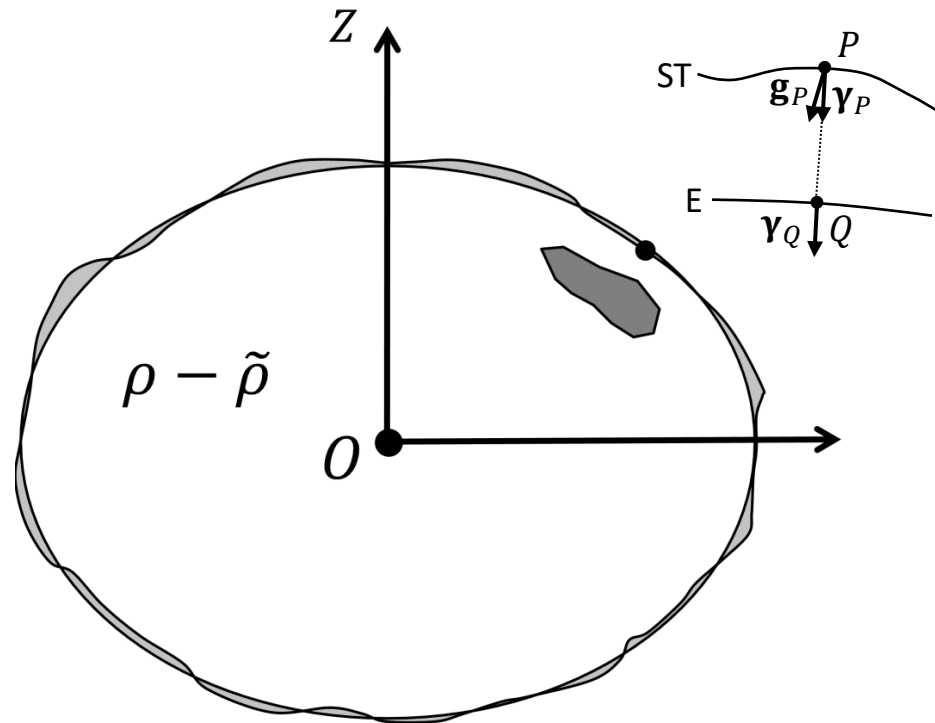
Distúrbio de  
gravidade

$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

Condição observada  
na prática

Neste expressão, considerou-se que  
cada fonte possui um contraste de  
densidade  $\Delta\rho = \rho - \tilde{\rho}$  constante

$$\delta \mathbf{g}_P = G \sum_j \Delta\rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{\ell} dv$$



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

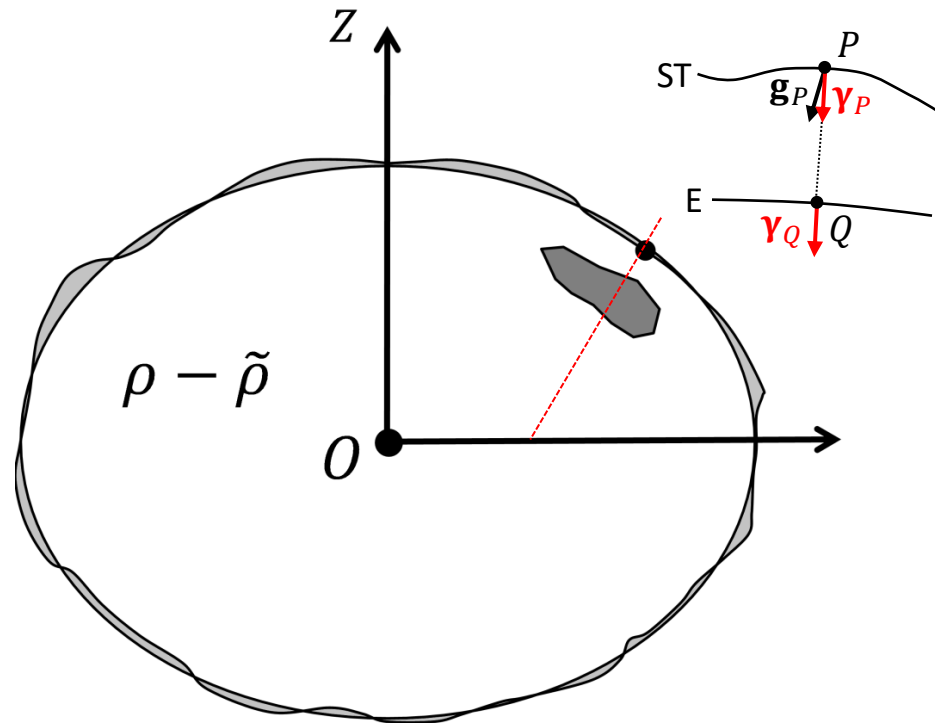
Distúrbio de  
gravidade

$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

Condição observada  
na prática

$$\delta \mathbf{g}_P = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{\ell} dv$$

Em geral, considera-se que a direção do vetor gravidade normal no ponto  $P$  é igual a direção do vetor gravidade normal no ponto  $Q$ . No sistema de coordenadas geodésicas, esta direção é constante ao longo da normal ao elipsoide



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de  
gravidade

$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

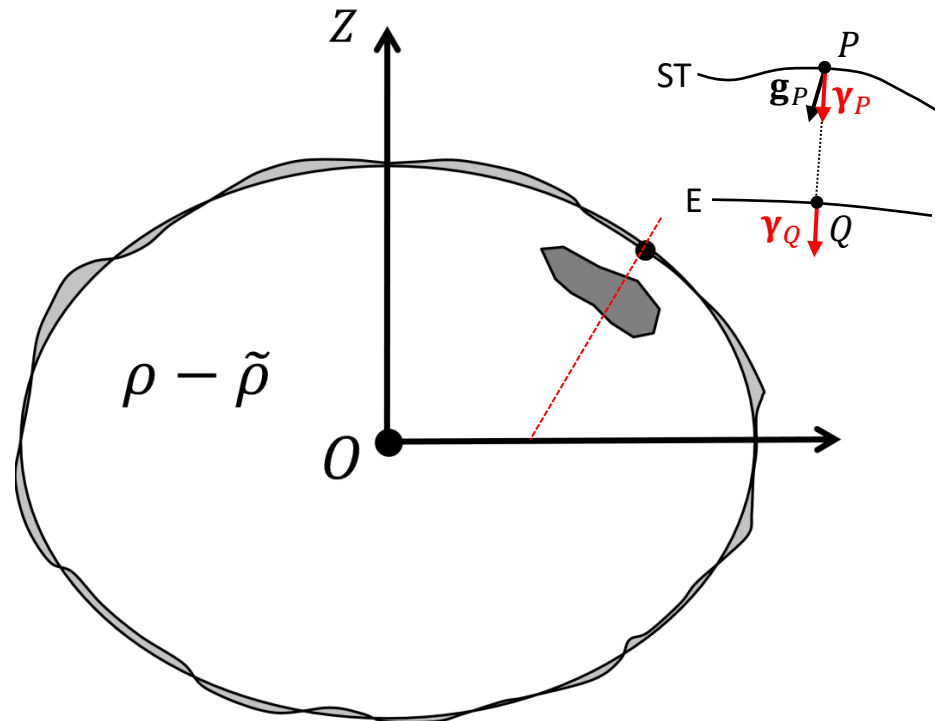
Condição observada  
na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \gamma_P \hat{\mathbf{Y}}_0$$

Direção constante  
normal ao elipsoide

Em geral, considera-se que a direção do vetor gravidade normal no ponto  $P$  é igual a direção do vetor gravidade normal no ponto  $Q$ . No sistema de coordenadas geodésicas, esta direção é constante ao longo da normal ao elipsoide

$$\delta \mathbf{g}_P = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{\ell} dv$$



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

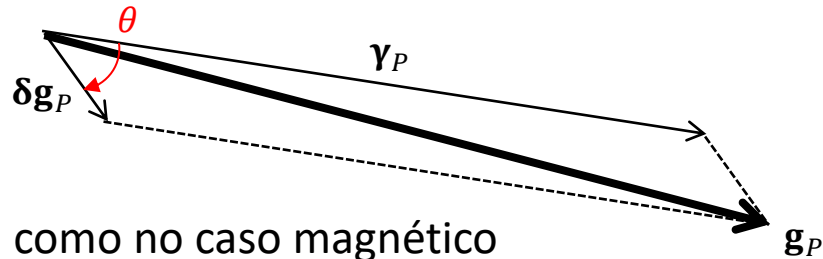
$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de  
gravidade

$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

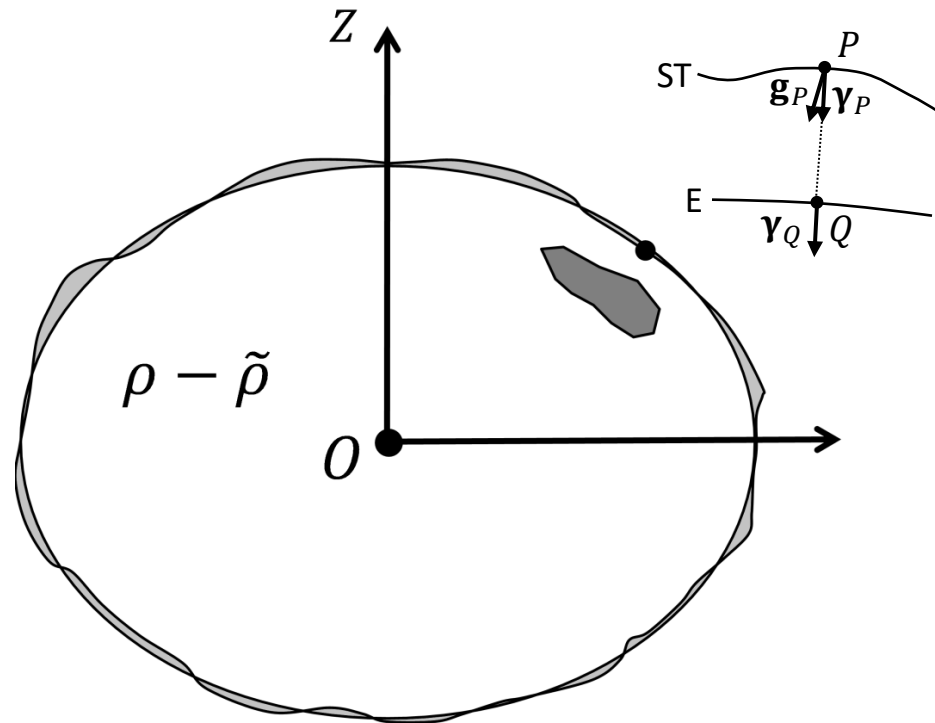
Condição observada  
na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \gamma_P \hat{\mathbf{Y}}_0$$



Tal como no caso magnético

$$\delta \mathbf{g}_P = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{\ell} dv$$





$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

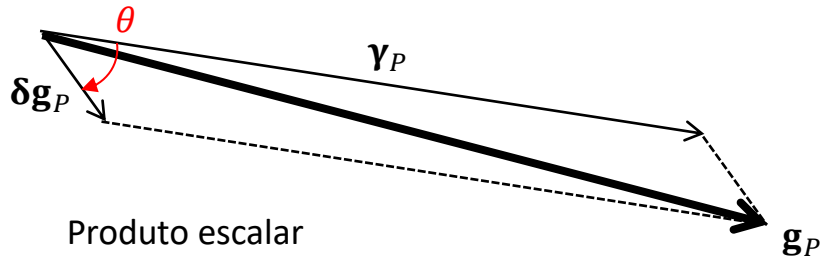
$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

Distúrbio de  
gravidade

$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

Condição observada  
na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \gamma_P \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0$$



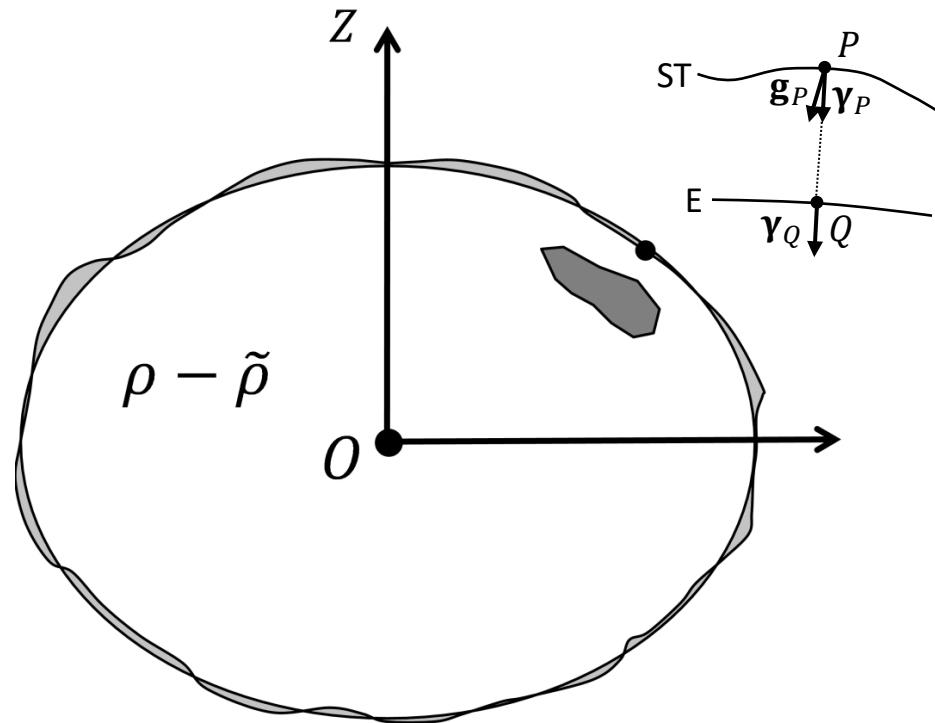
Produto escalar

$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

$$g_P \approx \gamma_P + \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P \approx \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta \mathbf{g}_P = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{\ell} dv$$



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

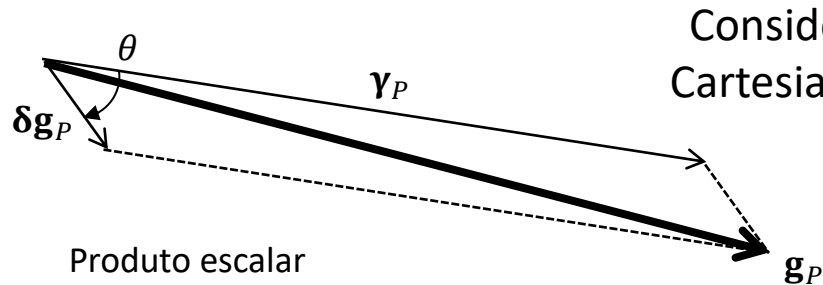
Distúrbio de  
gravidade

$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

Condição observada  
na prática

$$\delta \mathbf{g}_P = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{\ell} dv$$

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \gamma_P \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0$$

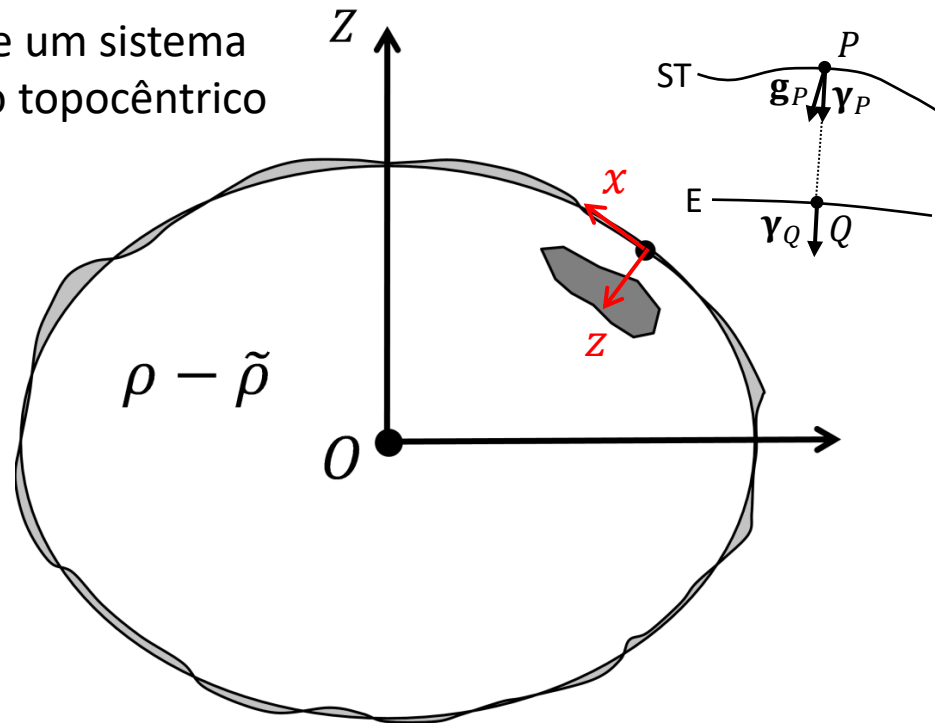


Produto escalar

$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

$$g_P \approx \gamma_P + \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P \approx \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_P$$



$$\delta \mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de  
gravidade

$$\mathbf{g}_P = \boldsymbol{\gamma}_P + \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P = g_P - \gamma_P$$

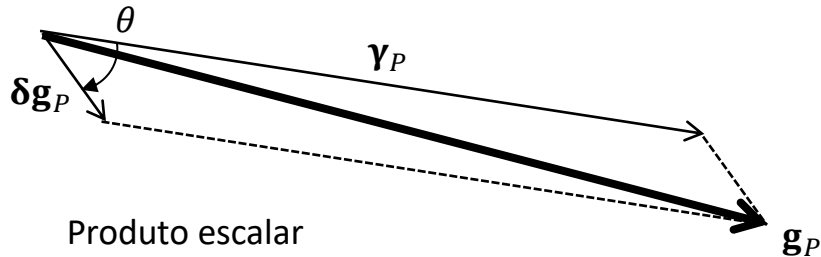
Distúrbio de  
gravidade

$$\gamma_P \gg \|\delta \mathbf{g}_P\|$$

Condição observada  
na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \gamma_P \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0$$

$$\delta \mathbf{g}_P = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{\ell} dv$$

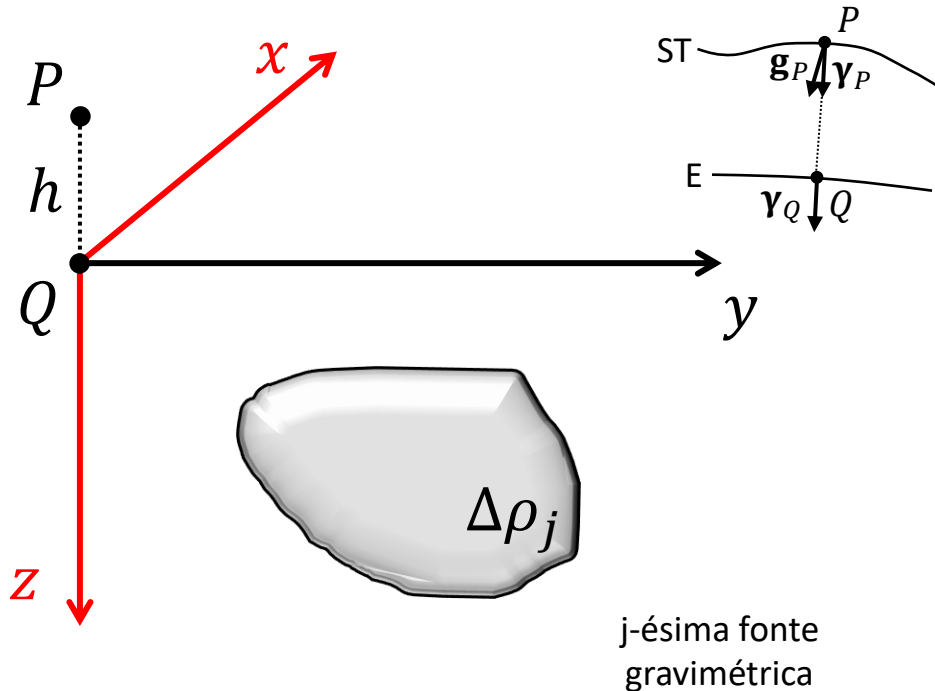


Produto escalar

$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

$$g_P \approx \gamma_P + \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_P$$

$$\delta g_P \approx \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_P$$



j-ésima fonte  
gravimétrica

$$\delta \mathbf{g}_i = \mathbf{g}_i - \boldsymbol{\gamma}_i$$

Vetor distúrbio de gravidade

$$\mathbf{g}_i = \boldsymbol{\gamma}_i + \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta g_i = g_i - \gamma_i$$

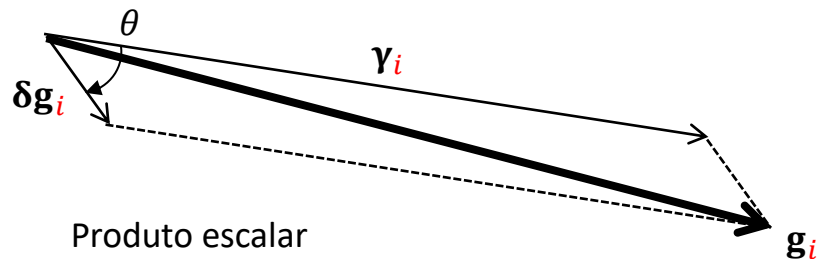
Distúrbio de gravidade

$$\gamma_i \gg \|\delta \mathbf{g}_i\|$$

Condição observada na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_i = \gamma_i \hat{\mathbf{y}}_0$$

$$\delta \mathbf{g}_i = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{r_{ij}} dv$$

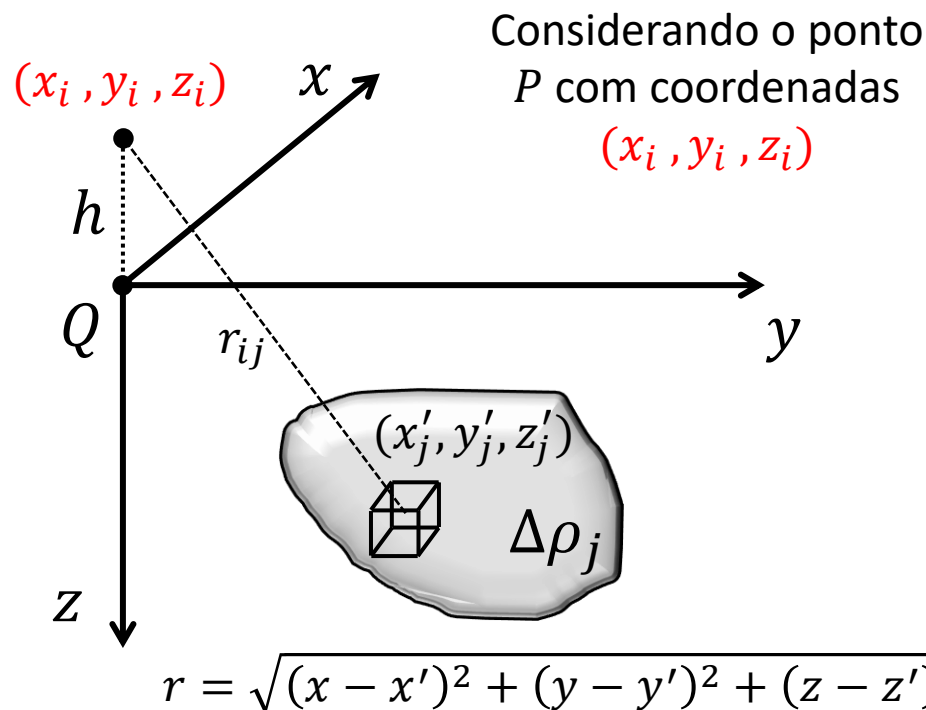


Produto escalar

$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

$$g_i \approx \gamma_i + \hat{\mathbf{y}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta g_i \approx \hat{\mathbf{y}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$



Considerando o ponto  $P$  com coordenadas  $(x_i, y_i, z_i)$

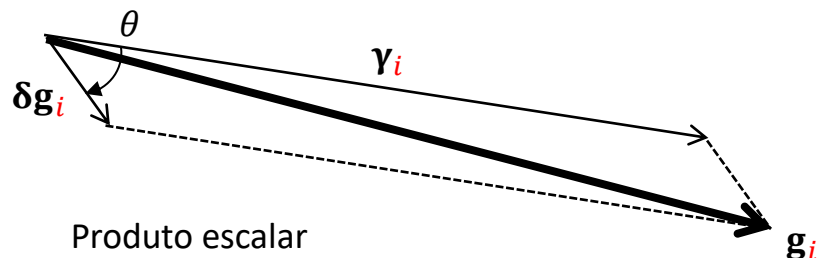
$\delta \mathbf{g}_i = \mathbf{g}_i - \boldsymbol{\gamma}_i$   
Vetor distúrbio de gravidade

$$\mathbf{g}_i = \boldsymbol{\gamma}_i + \delta \mathbf{g}_i$$

$\delta g_i = g_i - \gamma_i$   
Distúrbio de gravidade

$\gamma_i \gg \|\delta \mathbf{g}_i\|$   
Condição observada na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_i = \gamma_i \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0$$



Produto escalar

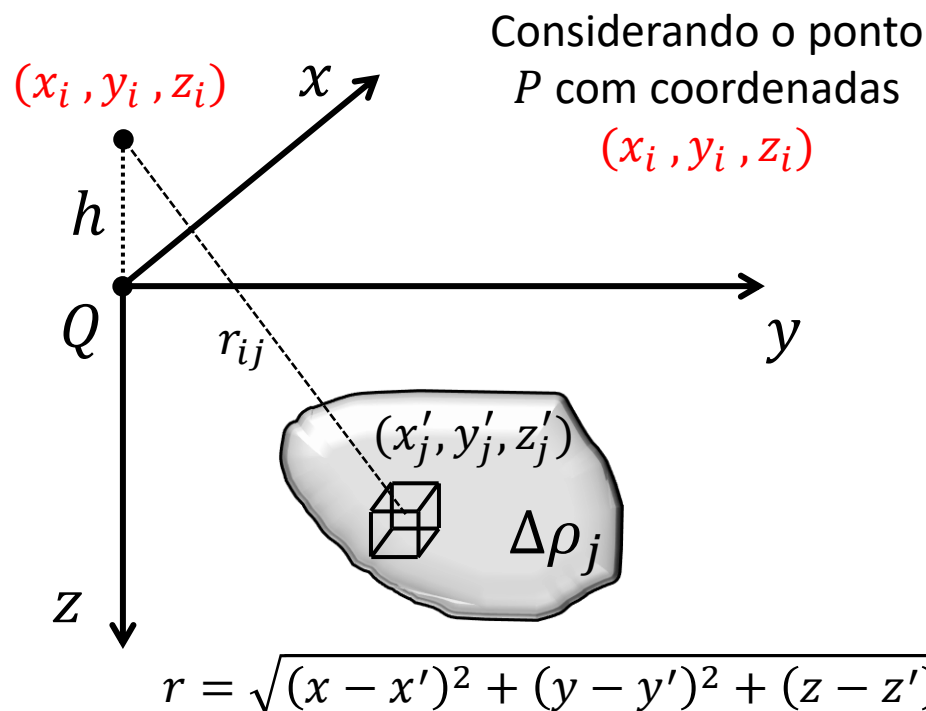
$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

$$g_i \approx \gamma_i + \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta g_i \approx \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

Embora tudo esteja calculado na posição  $(x_i, y_i, z_i)$ , as equações também podem ser avaliadas em outros pontos próximos referidos a este mesmo sistema de coordenadas

$$\delta \mathbf{g}_i = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{r_{ij}} dv$$



$\delta \mathbf{g}_i = \mathbf{g}_i - \boldsymbol{\gamma}_i$   
Vetor distúrbio de gravidade

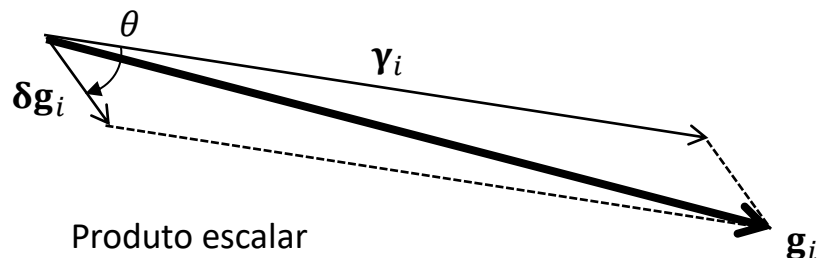
$$\mathbf{g}_i = \boldsymbol{\gamma}_i + \delta \mathbf{g}_i$$

$\delta g_i = g_i - \gamma_i$   
Distúrbio de gravidade

$\gamma_i \gg \|\delta \mathbf{g}_i\|$   
Condição observada na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_i = \gamma_i \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0$$

$$\delta \mathbf{g}_i = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{r_{ij}} dv$$

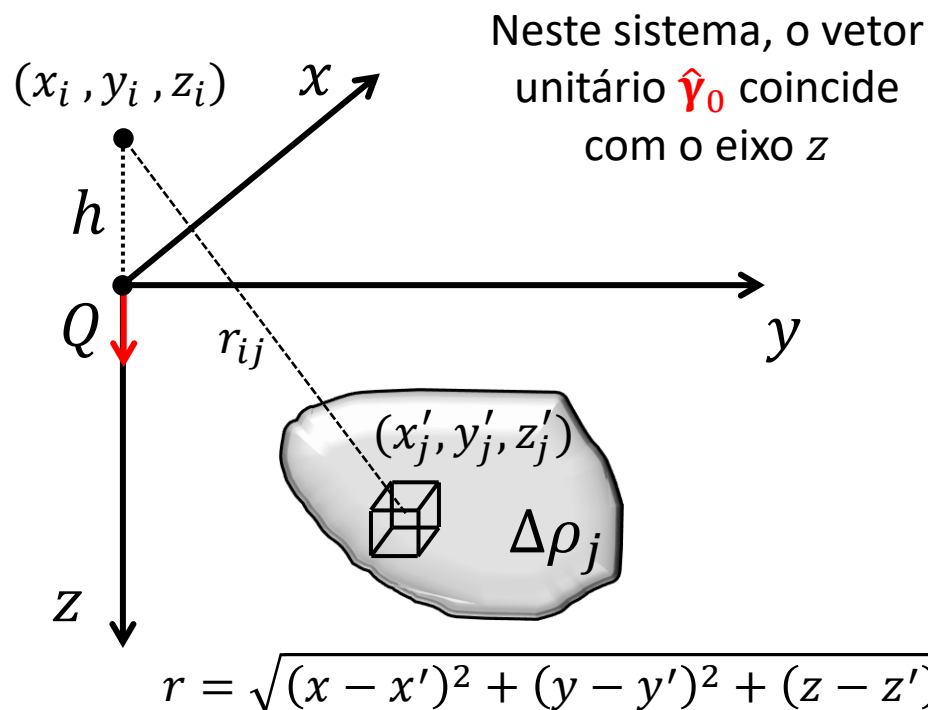


Produto escalar

$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

$$g_i \approx \gamma_i + \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta g_i \approx \hat{\boldsymbol{\gamma}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$



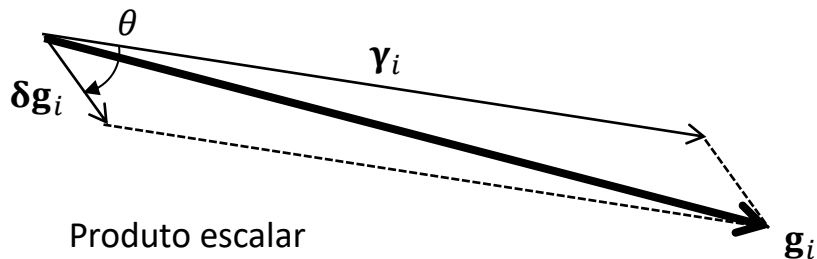
$\delta \mathbf{g}_i = \mathbf{g}_i - \boldsymbol{\gamma}_i$   
Vetor distúrbio de gravidade

$$\mathbf{g}_i = \boldsymbol{\gamma}_i + \delta \mathbf{g}_i$$

$\delta g_i = g_i - \gamma_i$   
Distúrbio de gravidade

$\gamma_i \gg \|\delta \mathbf{g}_i\|$   
Condição observada na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_i = \gamma_i \hat{\mathbf{Y}}_0$$



Produto escalar

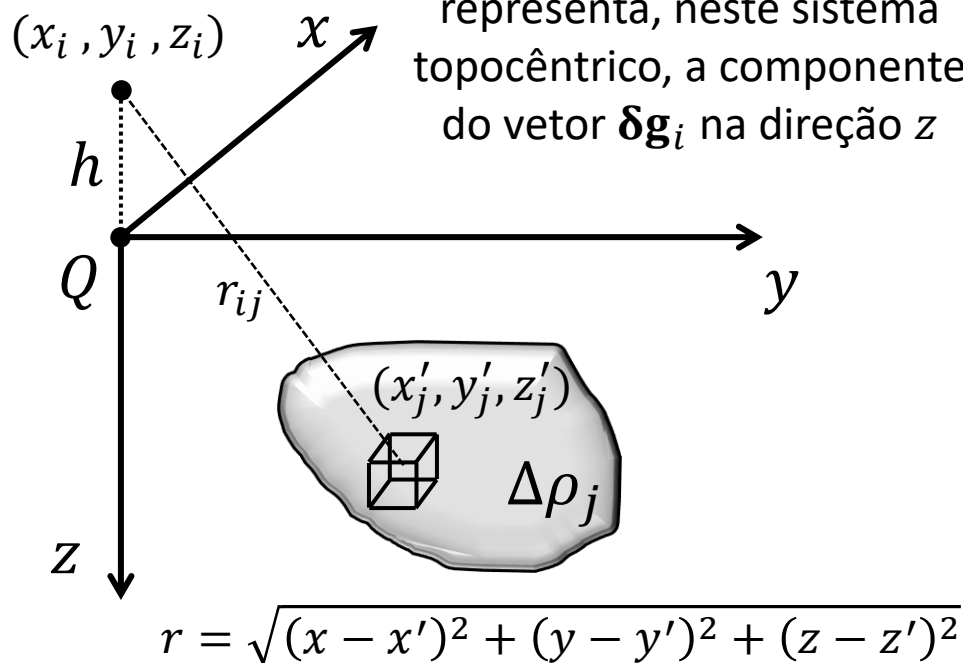
$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

$$g_i \approx \gamma_i + \hat{\mathbf{Y}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta g_i \approx \hat{\mathbf{Y}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta \mathbf{g}_i = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{r_{ij}} dv$$

Consequentemente, o distúrbio de gravidade representa, neste sistema topocêntrico, a componente do vetor  $\delta \mathbf{g}_i$  na direção  $z$



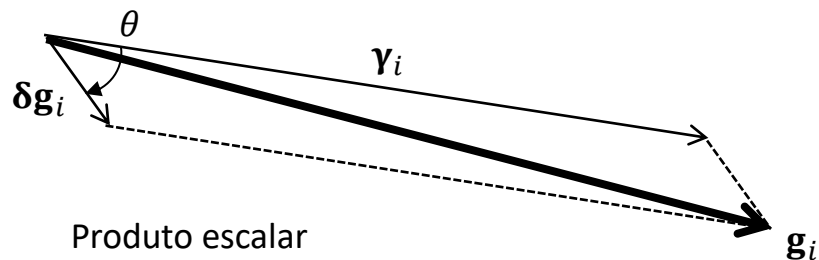
$\delta \mathbf{g}_i = \mathbf{g}_i - \boldsymbol{\gamma}_i$   
Vetor distúrbio de gravidade

$$\mathbf{g}_i = \boldsymbol{\gamma}_i + \delta \mathbf{g}_i$$

$\delta g_i = g_i - \gamma_i$   
Distúrbio de gravidade

$\gamma_i \gg \|\delta \mathbf{g}_i\|$   
Condição observada na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_i = \gamma_i \hat{\mathbf{Y}}_0$$



Produto escalar

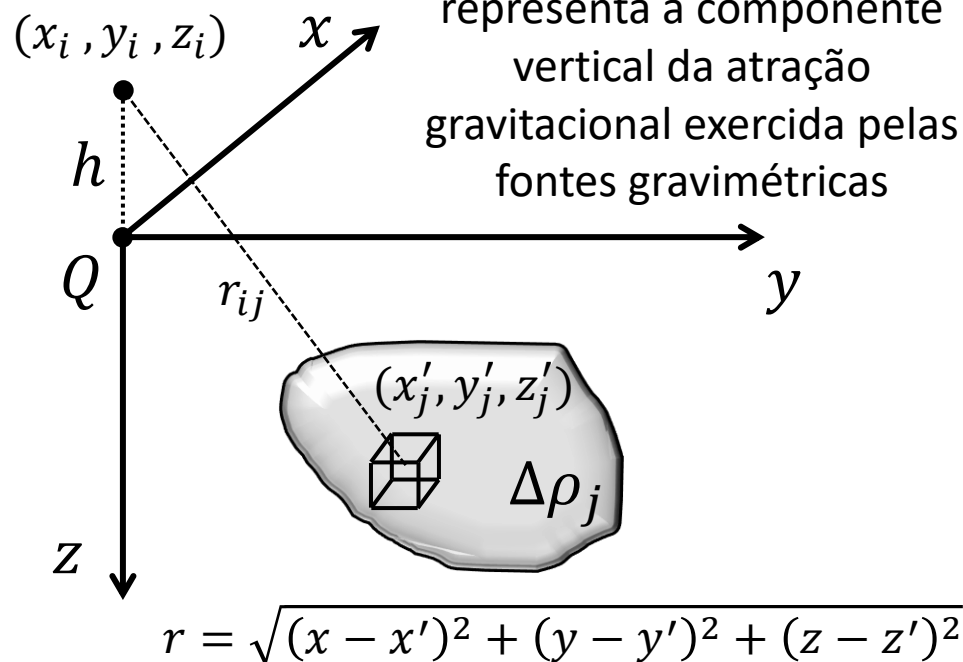
$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

$$g_i \approx \gamma_i + \hat{\mathbf{Y}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta g_i \approx \hat{\mathbf{Y}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta \mathbf{g}_i = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{r_{ij}} dv$$

Ou, analogamente, o distúrbio de gravidade representa a componente vertical da atração gravitacional exercida pelas fontes gravimétricas





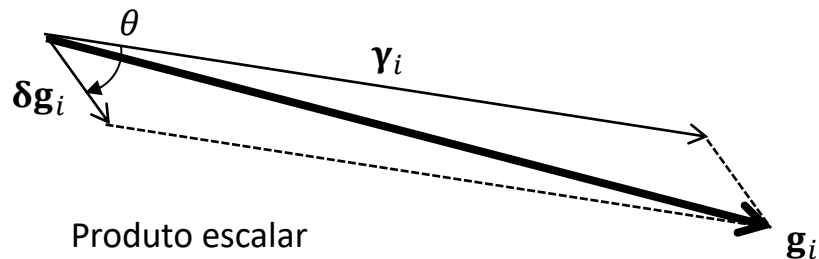
$\delta \mathbf{g}_i = \mathbf{g}_i - \boldsymbol{\gamma}_i$   
Vetor distúrbio de gravidade

$$\mathbf{g}_i = \boldsymbol{\gamma}_i + \delta \mathbf{g}_i$$

$\delta g_i = g_i - \gamma_i$   
Distúrbio de gravidade

$\gamma_i \gg \|\delta \mathbf{g}_i\|$   
Condição observada na prática

$$\boldsymbol{\gamma}_i = \gamma_i \hat{\mathbf{Y}}_0$$



Produto escalar

$$\begin{aligned} \mathbf{v}^T \mathbf{w} &= v_x w_x + v_y w_y + v_z w_z \\ &= v w \cos \theta \end{aligned}$$

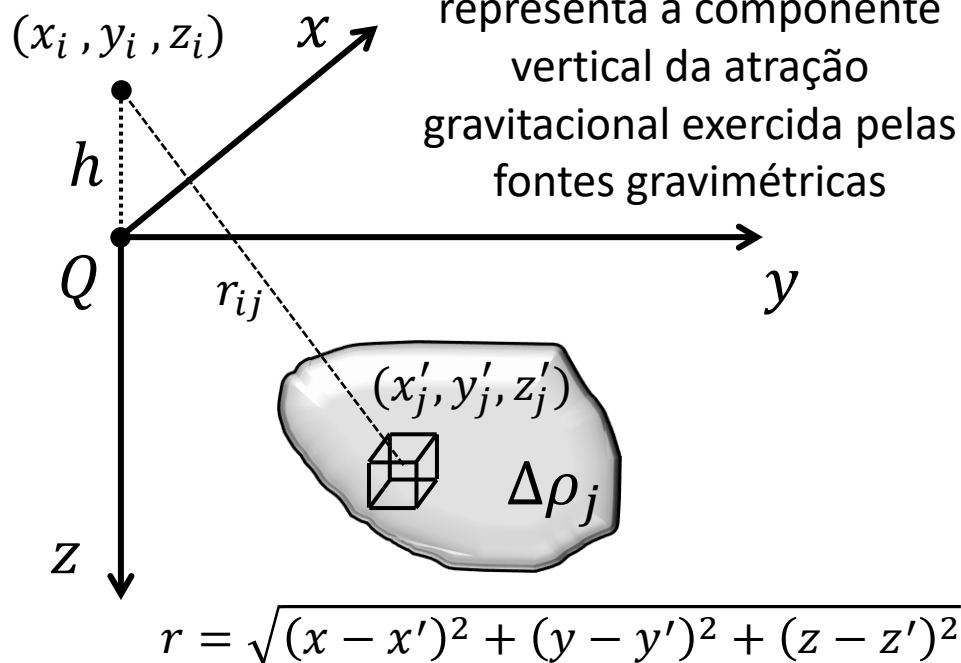
$$g_i \approx \gamma_i + \hat{\mathbf{Y}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta g_i \approx \hat{\mathbf{Y}}_0^T \delta \mathbf{g}_i$$

$$\delta g_i \approx G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r_{ij}} dv$$

$$\delta \mathbf{g}_i = G \sum_j \Delta \rho_j \iiint_{v_j} \nabla \frac{1}{r_{ij}} dv$$

Ou, analogamente, o distúrbio de gravidade representa a componente vertical da atração gravitacional exercida pelas fontes gravimétricas



# Referências

- Blakely, R. J., 1996, Potential theory in gravity and magnetic applications: Cambridge University Press.