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

Vanderlei C. Oliveira Jr.

2016

Distúrbio de gravidade (parte A)

Vanderlei C. Oliveira Jr.

2016

A técnica da camada equivalente também pode ser aplicada pra processar e interpretar dados gravimétricos

A técnica da camada equivalente também pode ser aplicada pra processar e interpretar dados gravimétricos

Há diferentes tipos de dados gravimétricos e isso faz com que seja necessário definirmos qual é o mais apropriado para nós

Historicamente, os principais dados gravimétricos utilizados por geofísicos para estimar distribuições de densidade em subsuperfície são as **anomalias de gravidade**

Historicamente, os principais dados gravimétricos utilizados por geofísicos para estimar distribuições de densidade em subsuperfície são as **anomalias de gravidade**

Há diferentes tipos de anomalias de gravidade, tais como **anomalia Bouguer**, **anomalia ar-livre** e **anomalia isostática**

Blakely (1996)
Hofmann-Wellenhof e Moritz (2005)
Nabighian et al. (2005)

Em nosso estudo, contudo, utilizaremos outra quantidade como dado gravimétrico: o **distúrbio de gravidade**

Hofmann-Wellenhof e Moritz (2005)

Em nosso estudo, contudo, utilizaremos outra quantidade como dado gravimétrico: o **distúrbio de gravidade**

Para fins geofísicos, o distúrbio de gravidade é conceitualmente mais adequado do que anomalias de gravidade

Li e Götze (2001)
Fairhead et al. (2003)
Hackney et al. (2003)

O distúrbio de gravidade é uma quantidade muito conhecida na geodesia, mas parece ser menos conhecida em geofísica

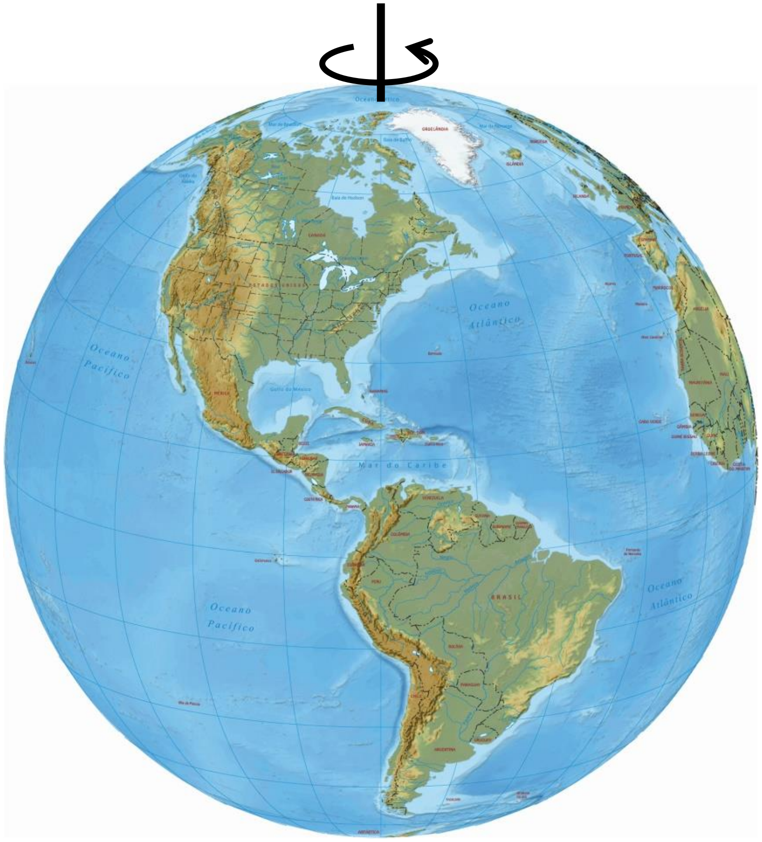
Hackney et al. (2003)

O distúrbio de gravidade é uma quantidade muito conhecida na geodesia, mas parece ser menos conhecida em geofísica

Nesse sentido, é necessário definir o distúrbio de gravidade e a sua diferença em relação as anomalias de gravidade

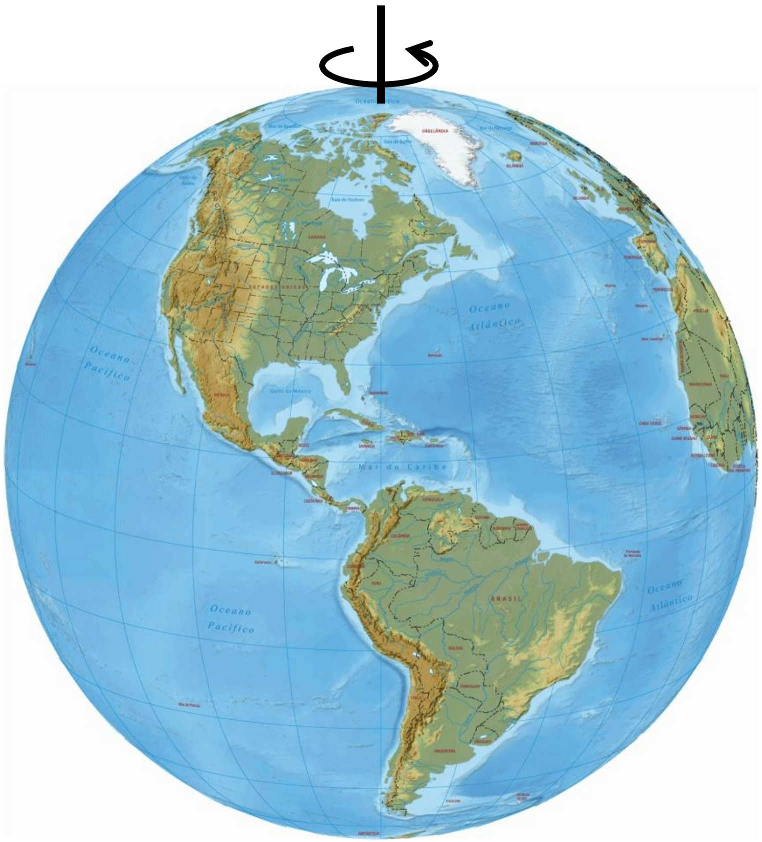
Hackney et al. (2003)

Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra



http://www.guiageo-americas.com/mapas/globo-america.htm

Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra



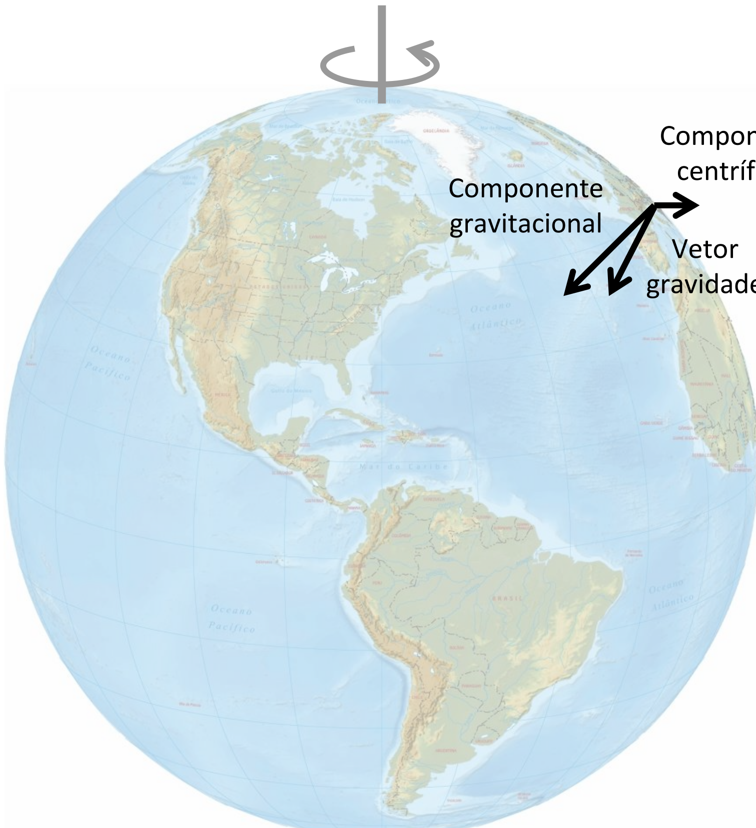
http://www.guiageo-americas.com/mapas/globo-america.htm

Este corpo experimenta uma força gravitacional e uma força† centrífuga. A resultante destas duas “forças” é chamada **vetor gravidade‡** e sua amplitude é chamada, simplesmente, **gravidade‡** (Hofmann-Wellenhof and Moritz, 2005).

† De fato, isso não é uma força (Symon, 1971, p. 279)

‡ Em física, a terminologia pode ser diferente (Symon, 1971, p. 280)

Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra

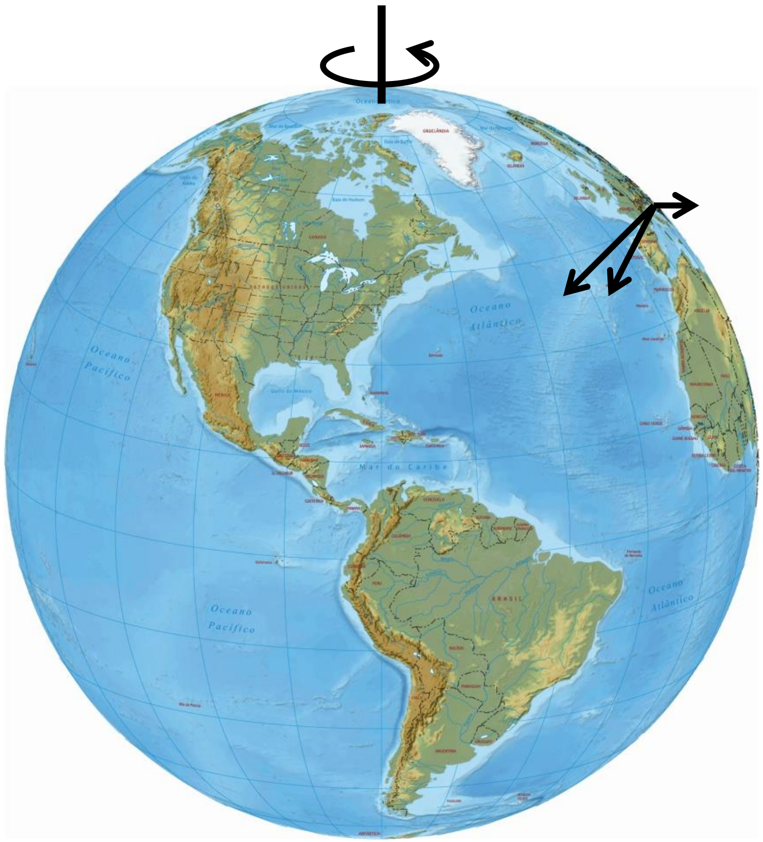


http://www.guiageo-americas.com/mapas/globo-america.htm

Este corpo experimenta uma força gravitacional e uma força† centrífuga. A resultante destas duas “forças” é chamada **vetor gravidade**‡ e sua amplitude é chamada, simplesmente, **gravidade**‡ (Hofmann-Wellenhof and Moritz, 2005).

† De fato, isso não é uma força (Symon, 1971, p. 279)
‡ Em física, a terminologia pode ser diferente (Symon, 1971, p. 280)

Considere um corpo com massa unitária parado sobre a superfície da Terra



http://www.guiageo-americas.com/mapas/globo-america.htm

Este corpo experimenta uma força gravitacional e uma força† centrífuga. A resultante destas duas “forças” é chamada **vetor gravidade‡** e sua amplitude é chamada, simplesmente, **gravidade‡** (Hofmann-Wellenhof and Moritz, 2005).

No caso de gravimetria em plataformas móveis (aviões, helicópteros, navios), há outros efeitos não-gravitacionais produzidos pelo movimento do veículo, tais como a força† de Coriolis e vibrações de alta frequência (Symon, 1971; Glennie et al., 2000; Nabighian et al., 2005; Baumann et al., 2012).

† De fato, isso não é uma força (Symon, 1971, p. 279)
‡ Em física, a terminologia pode ser diferente (Symon, 1971, p. 280)

Geofísicos estão interessados, geralmente, na **componente gravitacional da gravidade**, que está relaciona às variações na distribuição interna de densidade da Terra.

Geofísicos estão interessados, geralmente, na **componente gravitacional da gravidade**, que está relaciona às variações na distribuição interna de densidade da Terra.

Para isolar esta componente, é necessário remover os efeitos não-gravitacionais produzidos pelo movimento do veículo (avião, helicóptero, navio) e também variações temporais produzidas pela atração luni-solar, deriva instrumental e variações da pressão atmosférica.

Geofísicos estão interessados, geralmente, na **componente gravitacional da gravidade**, que está relaciona às variações na distribuição interna de densidade da Terra.

Para isolar esta componente, é necessário remover os efeitos não-gravitacionais produzidos pelo movimento do veículo (avião, helicóptero, navio) e também variações temporais produzidas pela atração luni-solar, deriva instrumental e variações da pressão atmosférica.

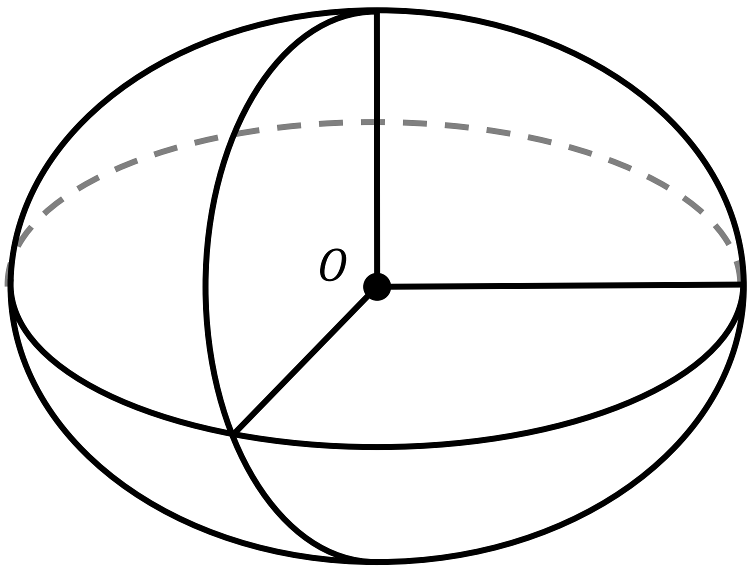
Se estes efeitos forem removidos de forma adequada, podemos considerar que a gravidade observada é soma de uma **componente normal** e uma **pequena parcela puramente gravitacional**, que é produzida por variações de densidade em subsuperfície.

Geofísicos estão interessados, geralmente, na **componente gravitacional da gravidade**, que está relaciona às variações na distribuição interna de densidade da Terra.

Para isolar esta componente, é necessário remover os efeitos não-gravitacionais produzidos pelo movimento do veículo (avião, helicóptero, navio) e também variações temporais produzidas pela atração luni-solar, deriva instrumental e variações da pressão atmosférica.

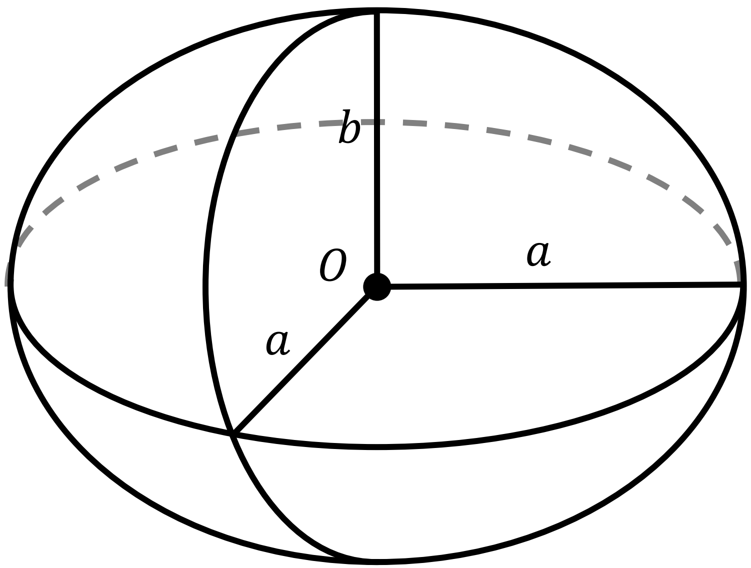
Se estes efeitos forem removidos de forma adequada, podemos considerar que a gravidade observada é soma de uma **componente normal** e uma **pequena parcela puramente gravitacional**, que é produzida por variações de densidade em subsuperfície.

Isolar esta pequena parcela do campo de gravidade é um dos principais desafios em geofísica aplicada (Blakely, 1996).



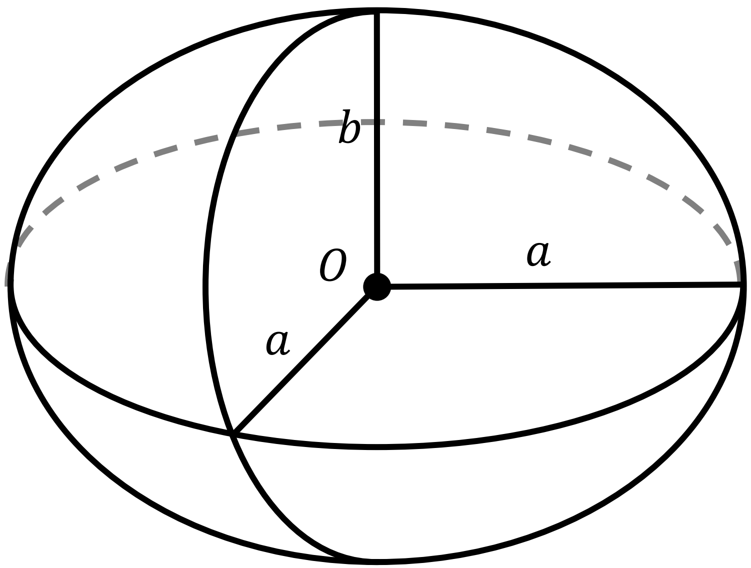
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

- origem O no centro de massa da Terra;



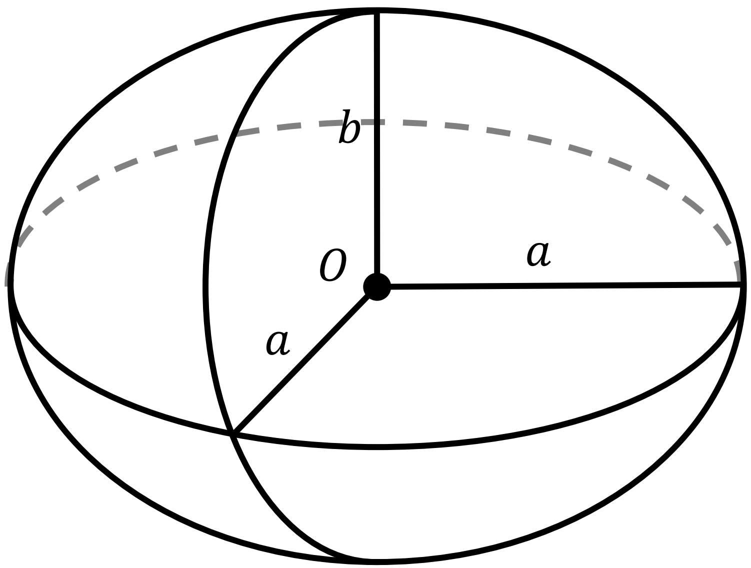
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra



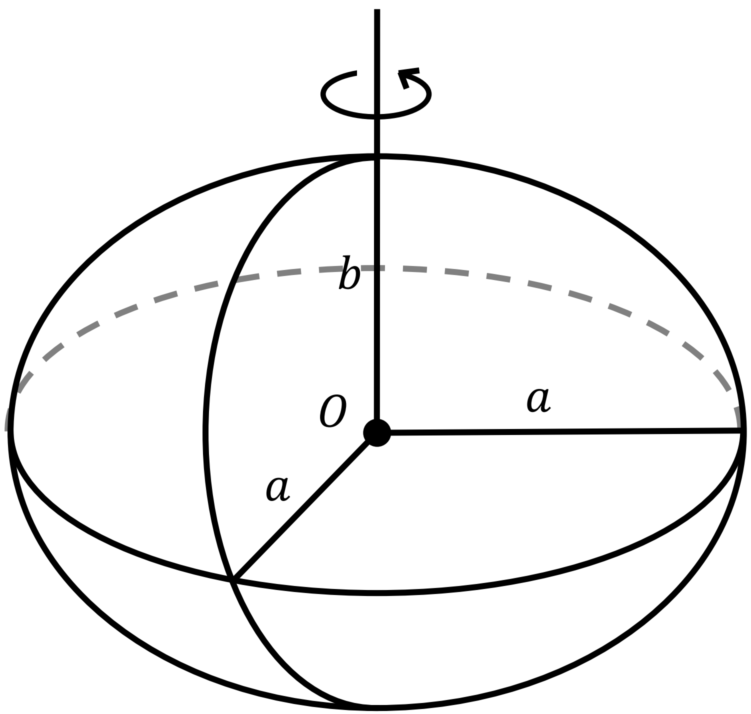
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;



Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

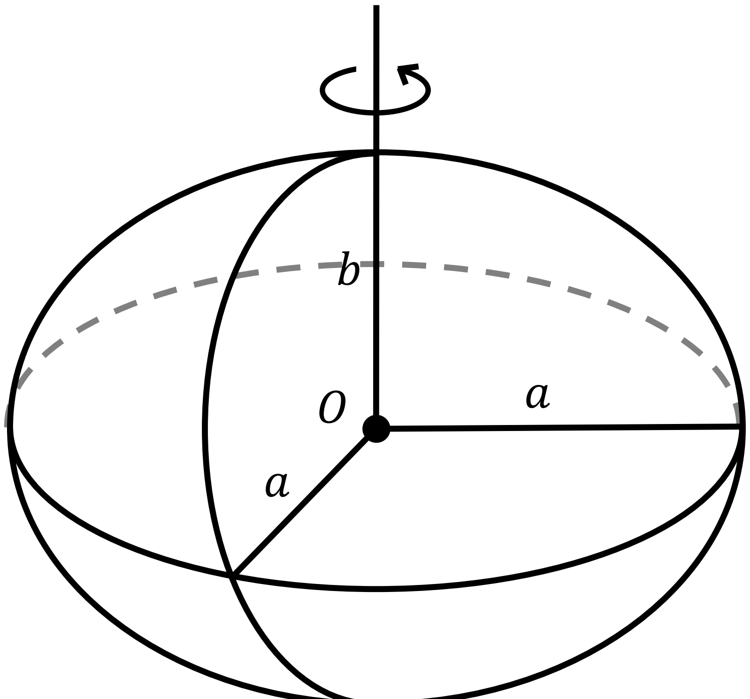
- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);

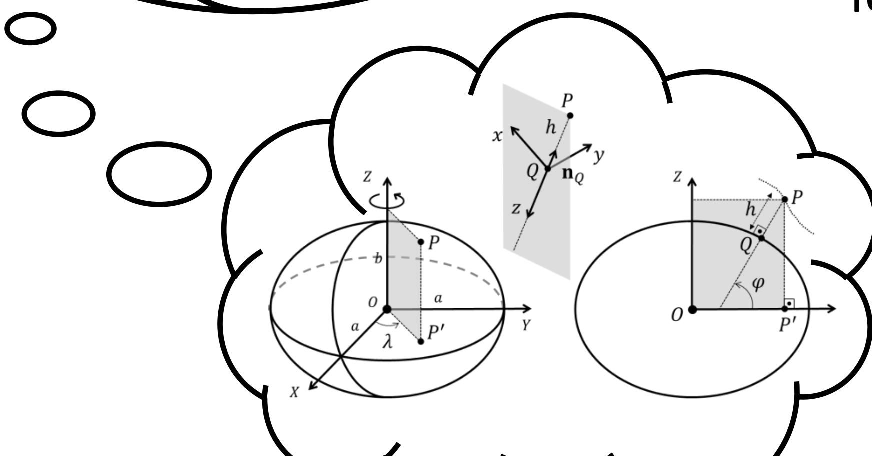


Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;

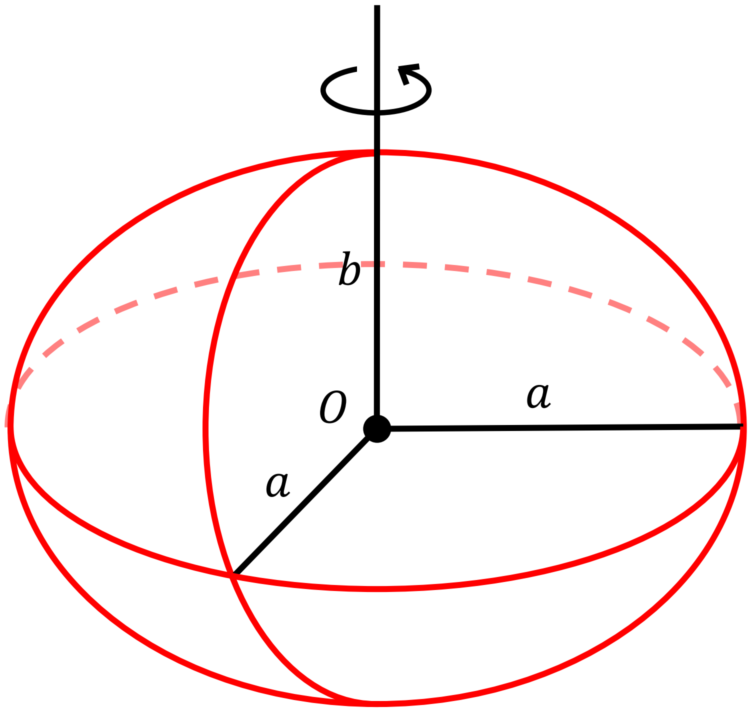
Note a semelhança entre este elipsoide e aquele utilizado como referência para o sistema de coordenadas geodésicas!





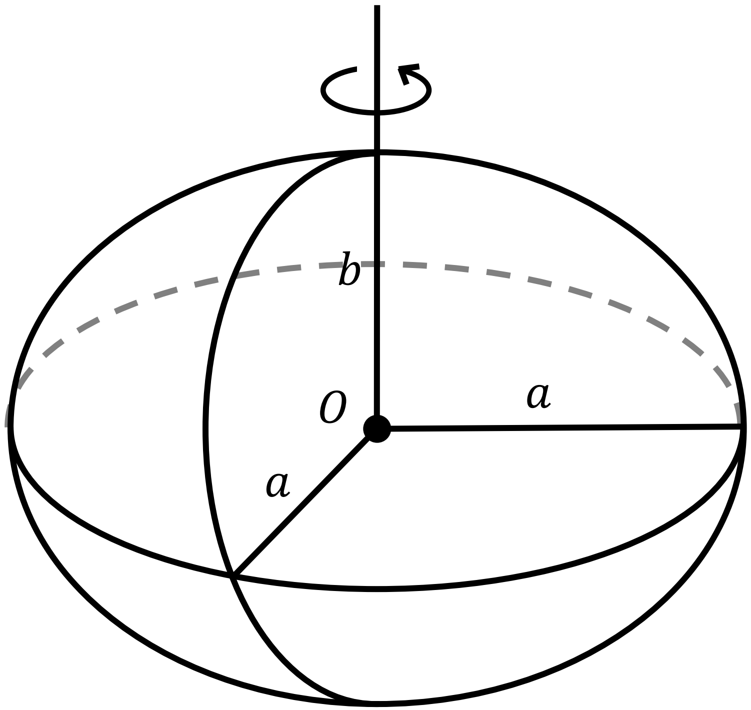
Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;



Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;
- superfície limitante determinada por uma das equipotenciais do seu próprio campo de gravidade.

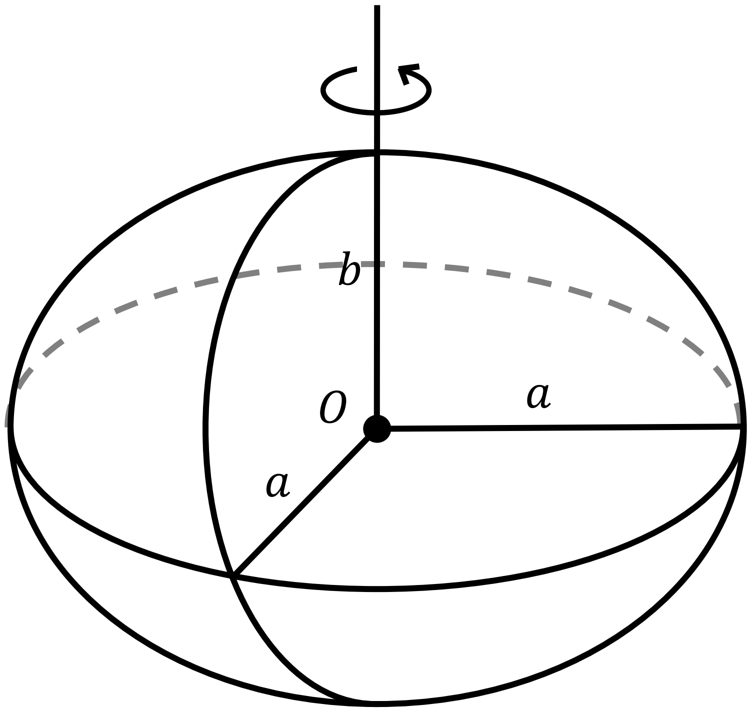


Sim! Este modelo produz um campo de gravidade que tem o mesmo significado anterior e, portanto, tem uma componente gravitacional e outra centrífuga

Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;
- superfície limitante determinada por uma das equipotenciais do seu próprio campo de gravidade.

Modelo de **Terra Normal**

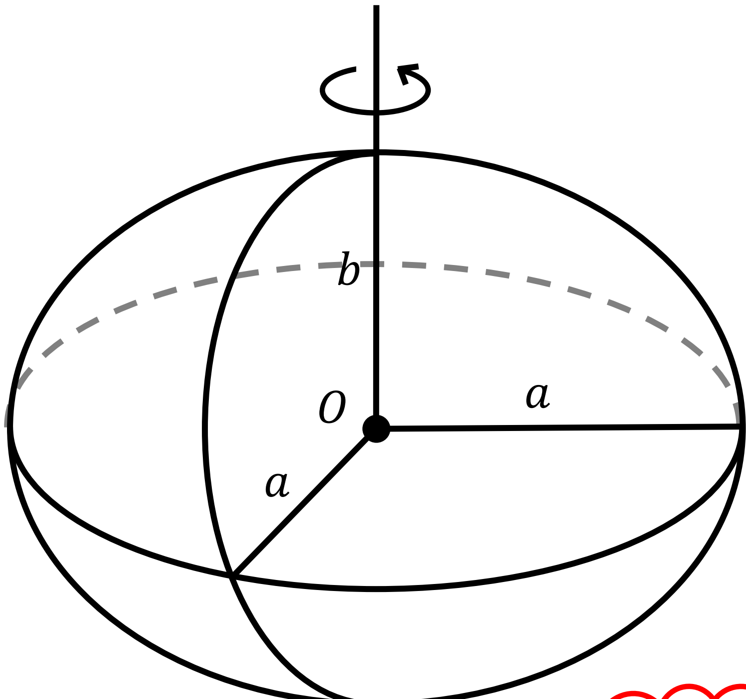


Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;
- superfície limitante determinada por uma das equipotenciais do seu próprio $\underbrace{\text{campo de gravidade}}_{\textbf{Campo de gravidade normal}}$.

Hofmann-Wellenhof e Moritz (2005)
Vanicek e Krakiwsky (1987)

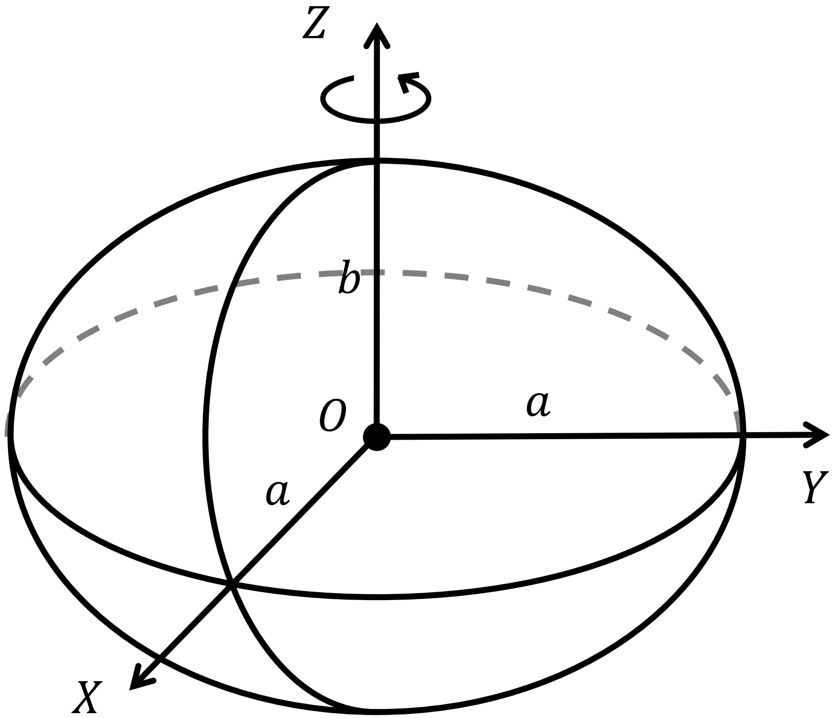
Modelo de **Terra Normal**



Tradicionalmente, a Terra é aproximada por um elipsoide com as seguintes características:

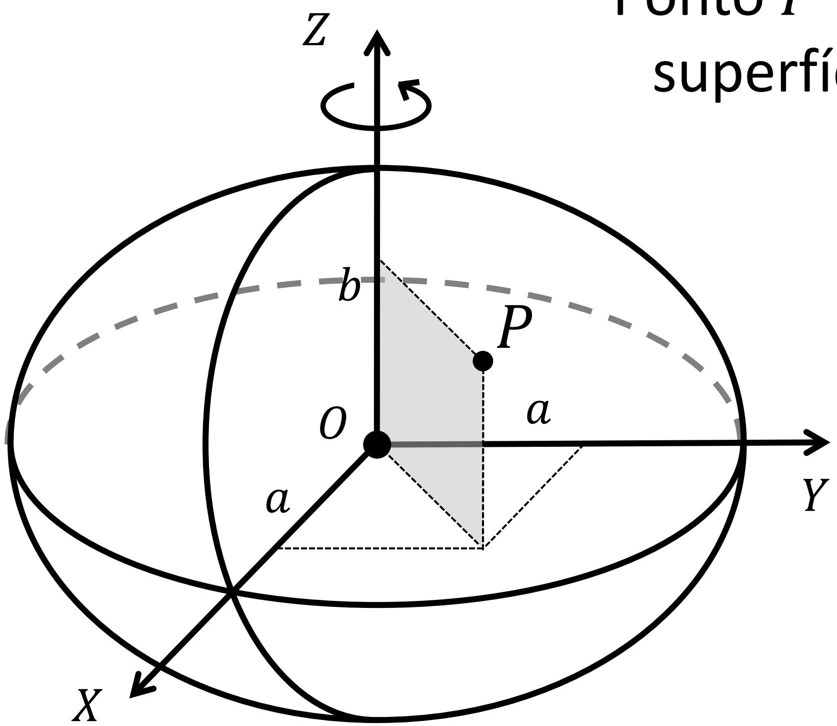
- origem O no centro de massa da Terra;
- Semieixo menor b coincidente com o eixo médio de rotação da Terra
- simetria em torno do semieixo menor b e do plano equatorial;
- mesma massa da Terra (a distribuição interna de massa é indefinida!);
- mesma velocidade de rotação da Terra;
- superfície limitante determinada por uma das equipotenciais do seu próprio campo de gravidade.

Campo de gravidade normal

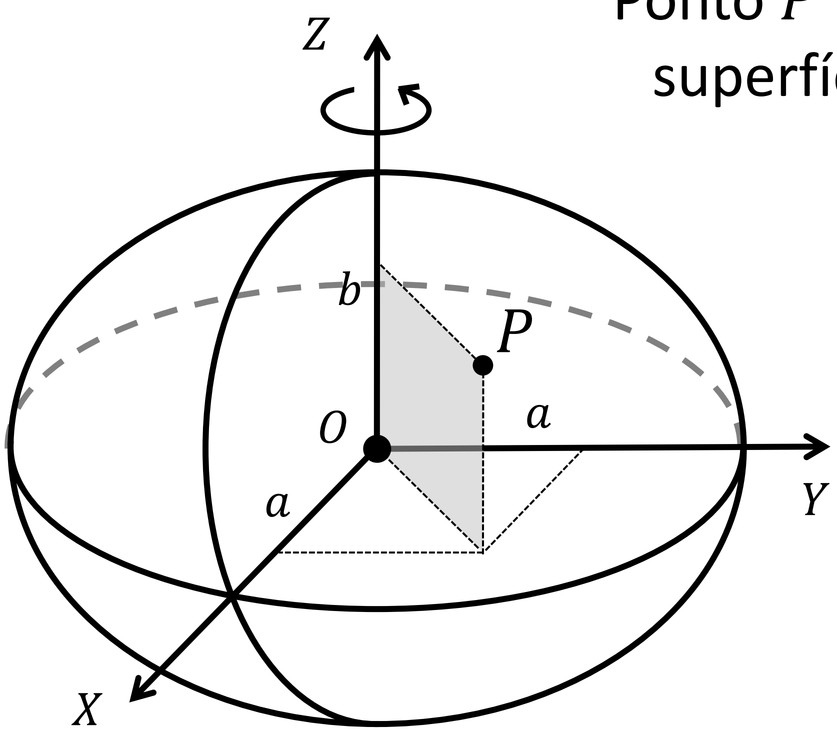


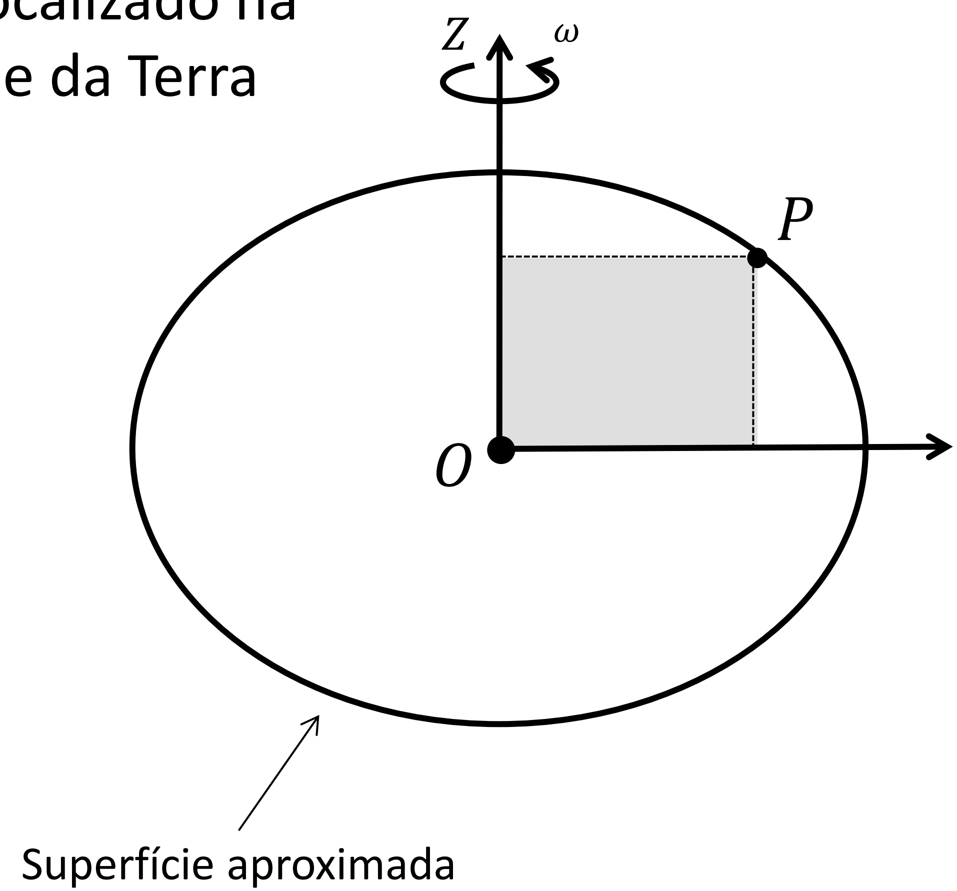
Considere um sistema
Cartesiano geocêntrico

Ponto P localizado na superfície da Terra

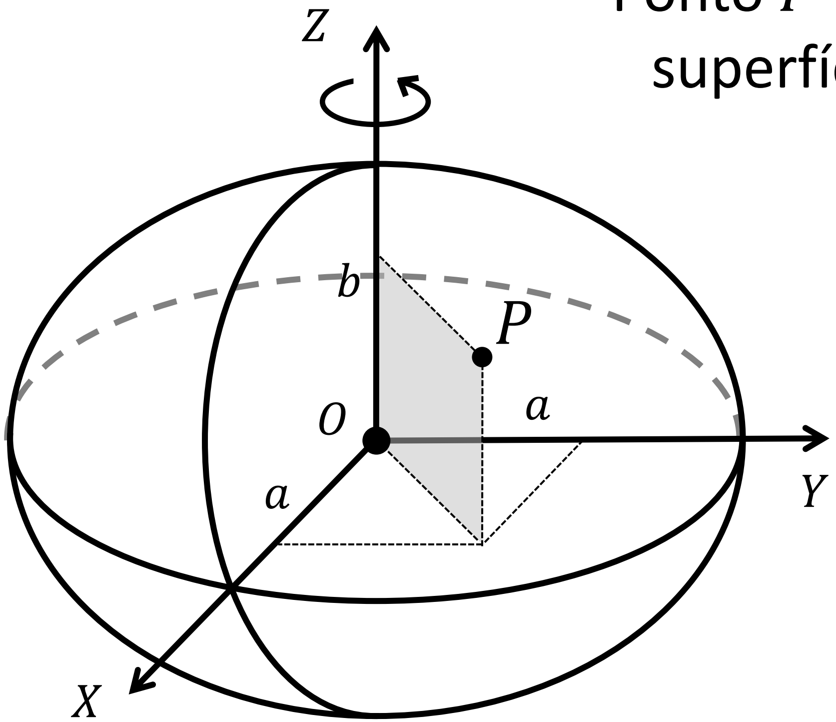


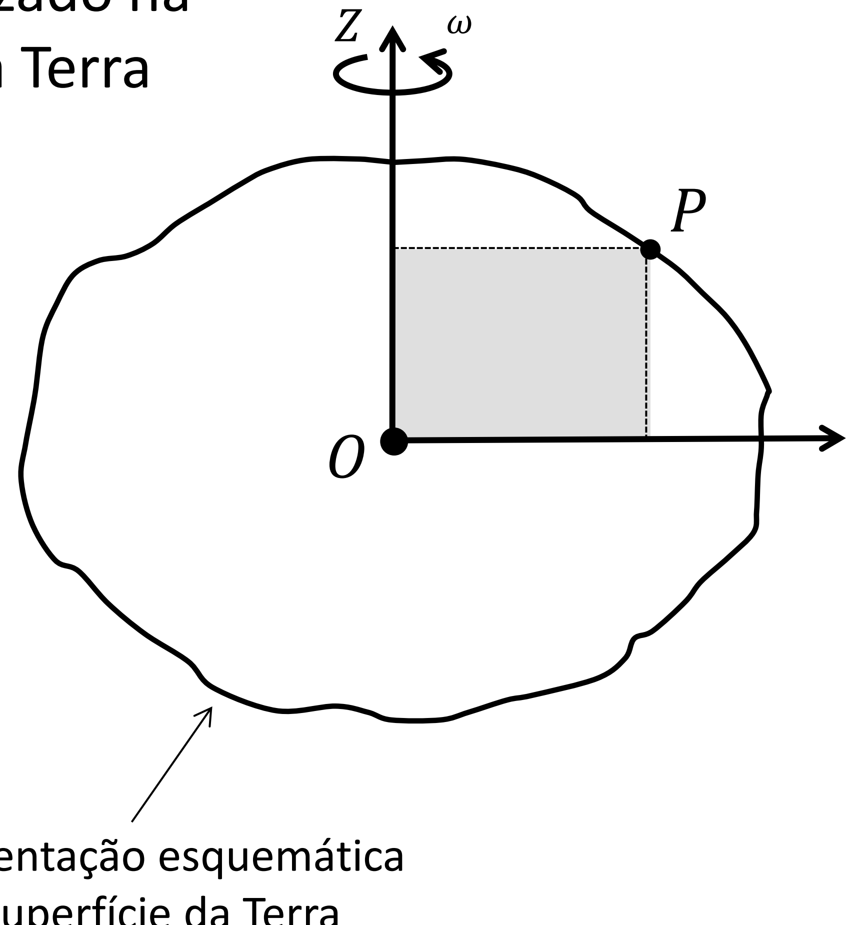
Ponto P localizado na superfície da Terra



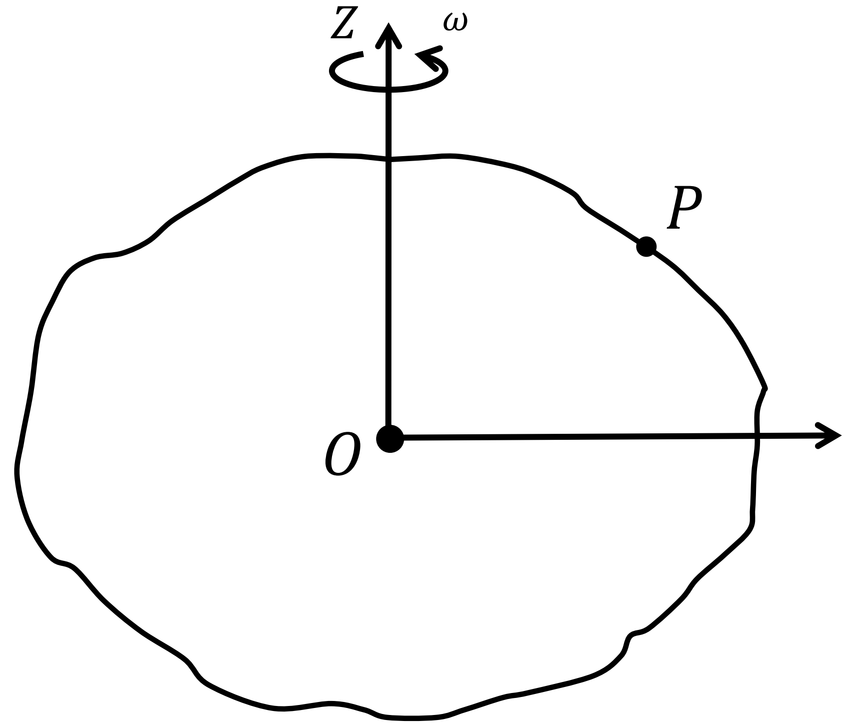


Ponto P localizado na superfície da Terra





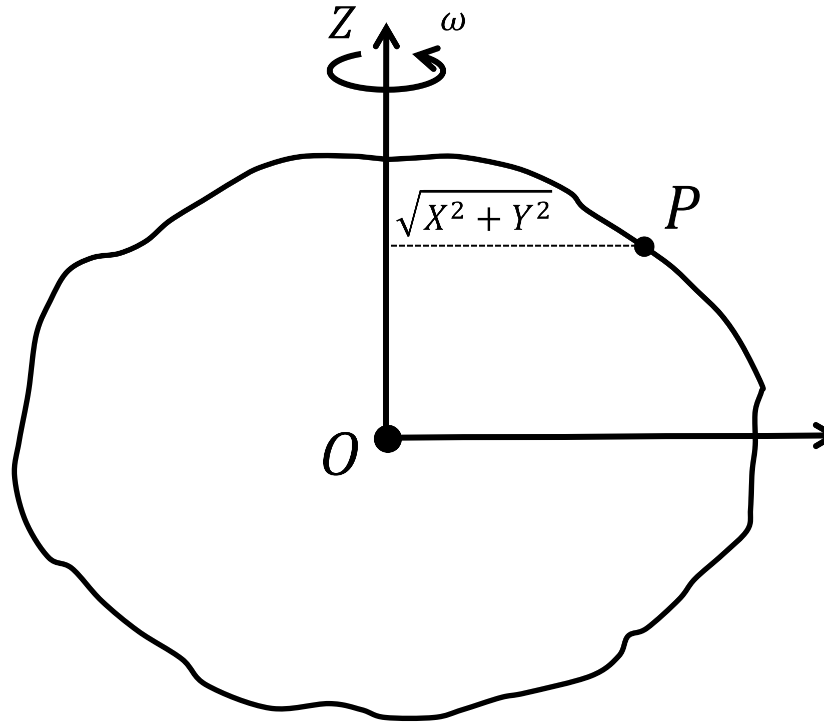
O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P



$$W_P = V_P + \Phi_P$$

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

O potencial centrífugo aumenta com o quadrado da distância até o eixo médio de rotação da Terra

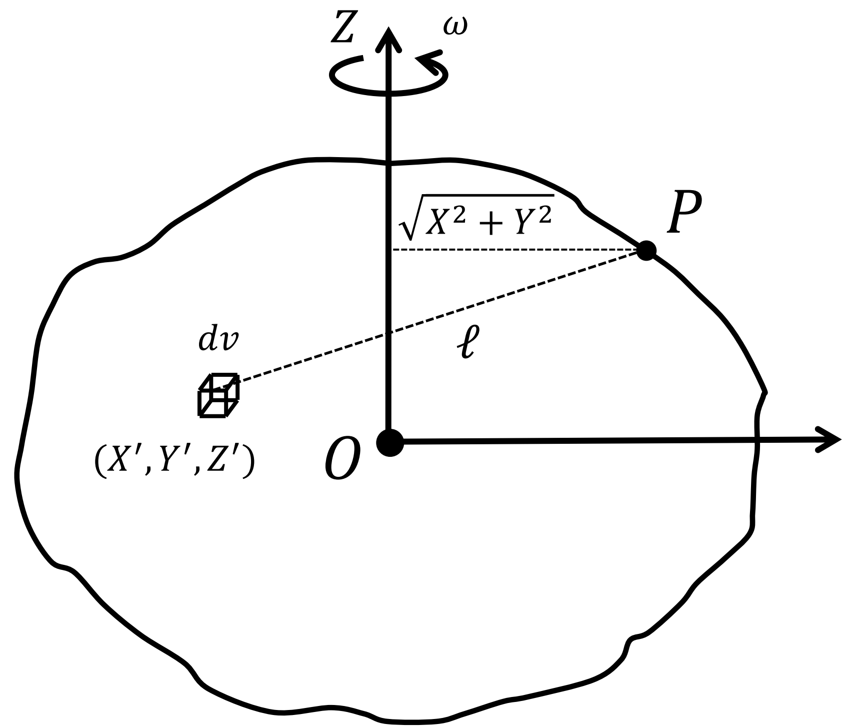


$$W_P = V_P + \Phi_P$$

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

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

Já o potencial gravitacional depende da distribuição interna de densidade da Terra



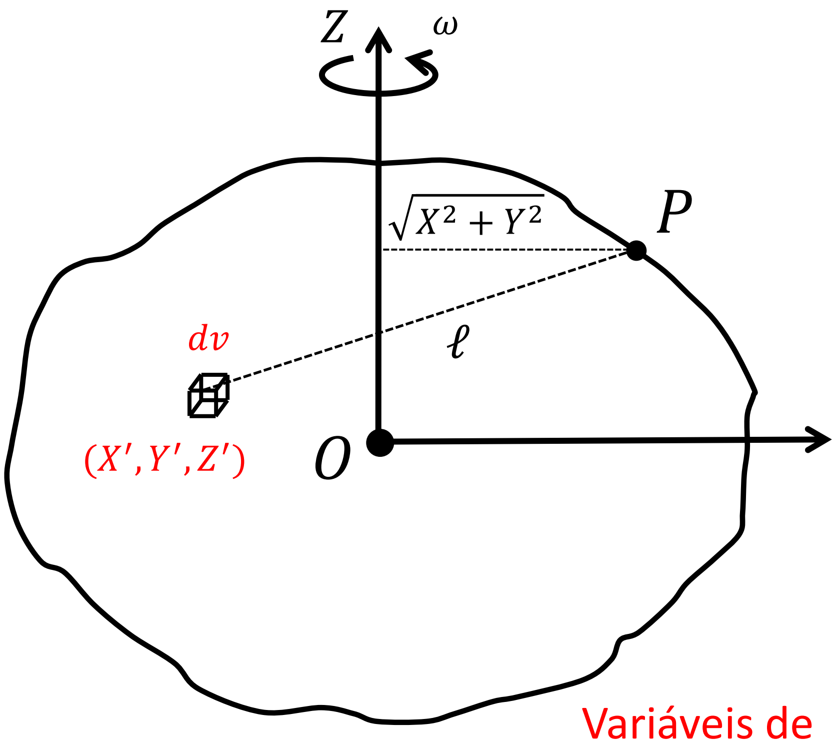
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

Já o potencial gravitacional depende da distribuição interna de densidade da Terra



Variáveis de integração

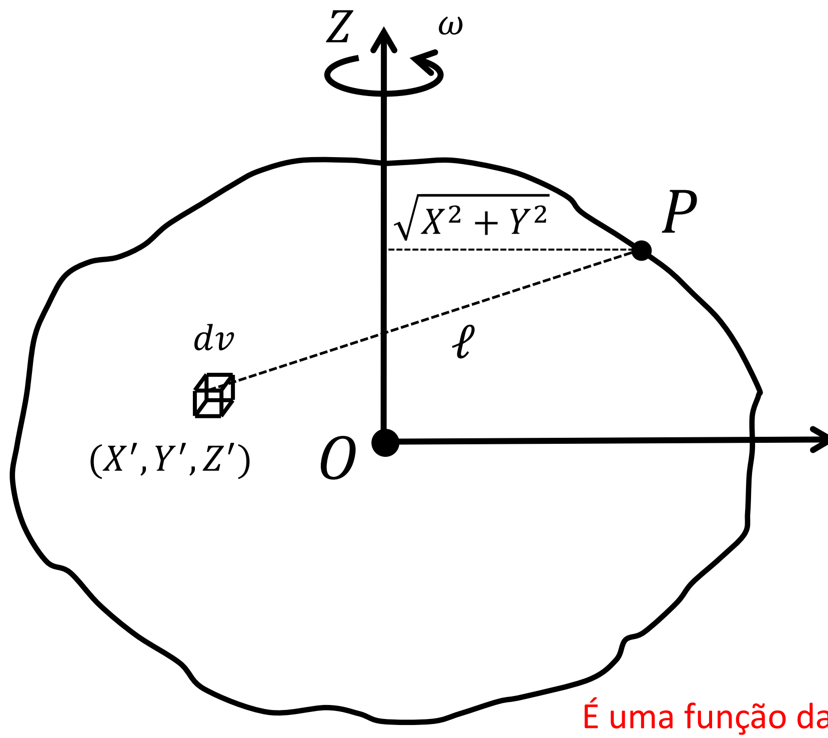
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

Já o potencial gravitacional depende da distribuição interna de densidade da Terra



É uma função das variáveis de integração (X',Y',Z')

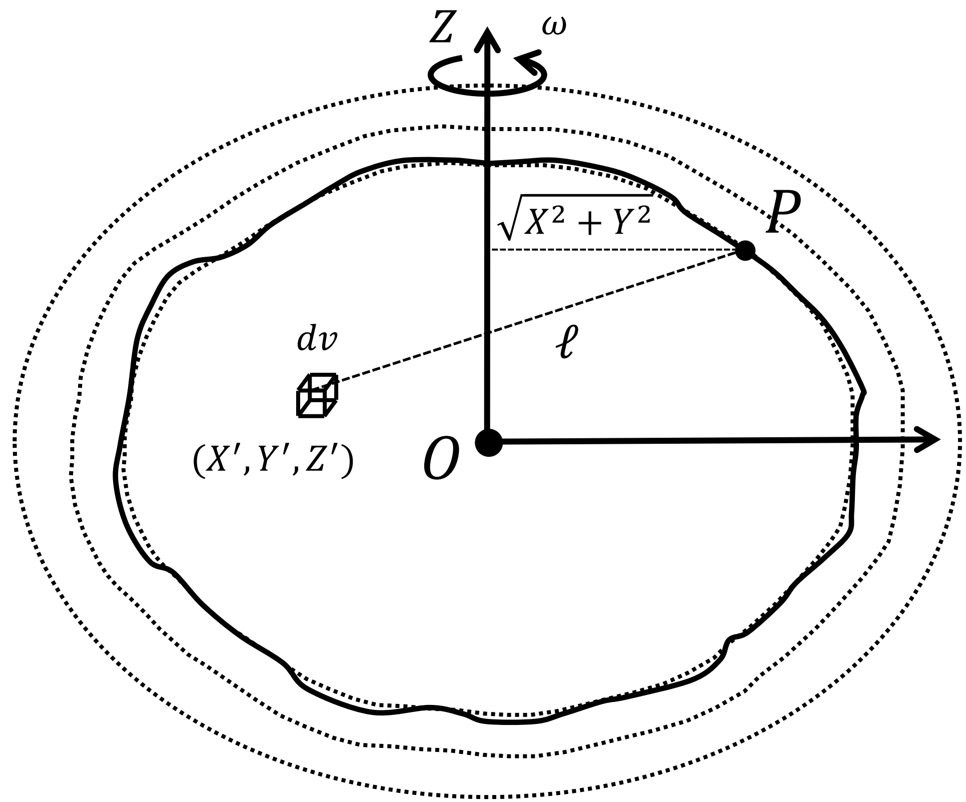
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

Superfícies sobre as quais o potencial de gravidade é constante

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P



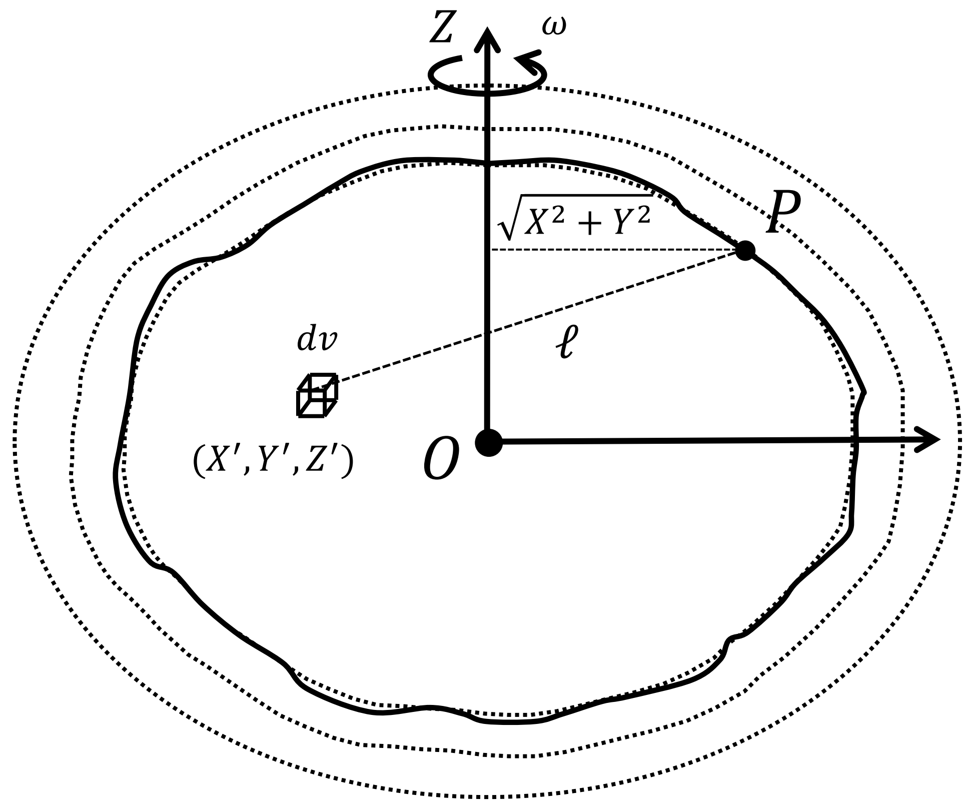
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

Equipotenciais do campo de gravidade ou **Geopes**



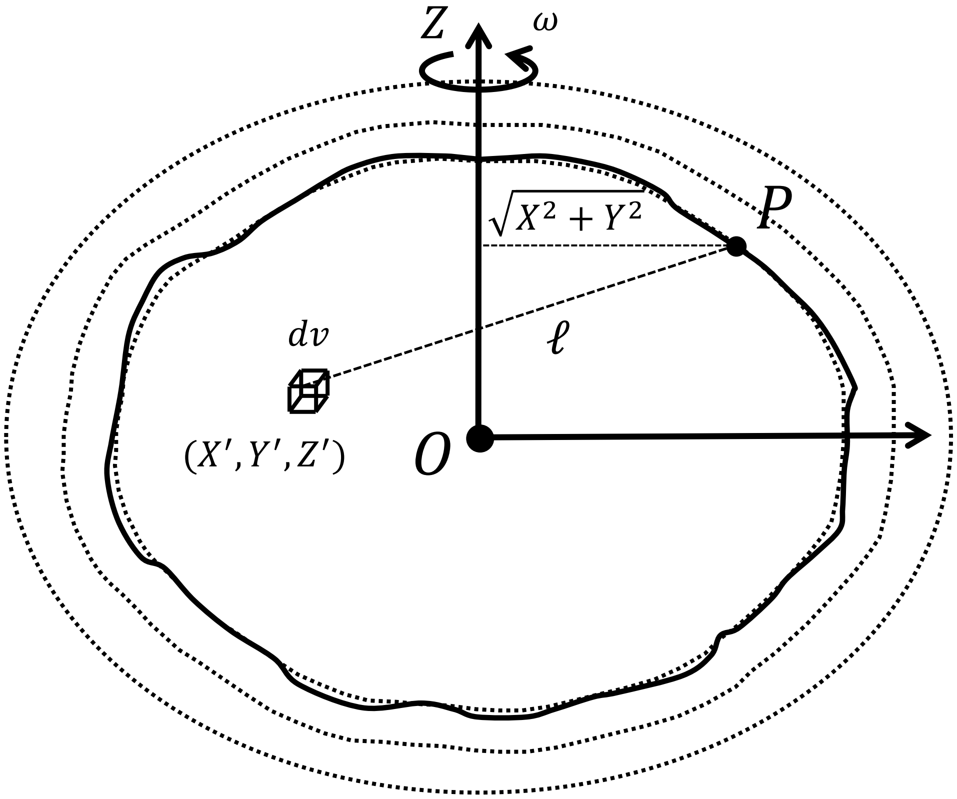
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

O Geope que coincide com o nível médio dos mares não perturbados e se prolonga através dos continentes é denominado **Geoide**



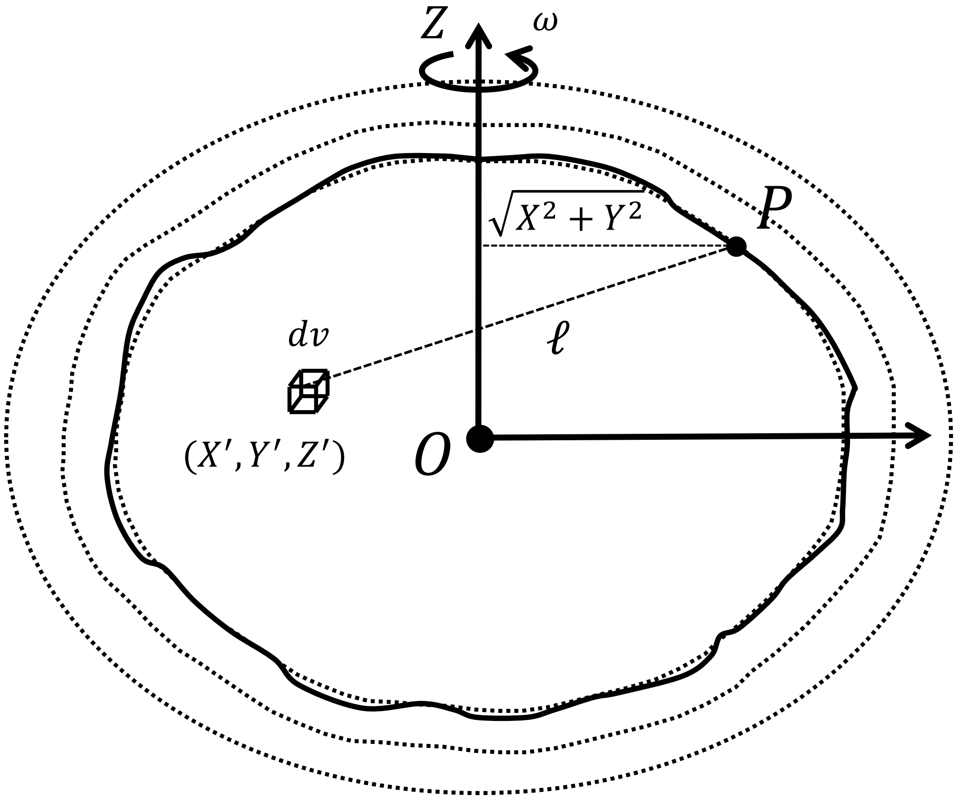
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O Geoide é uma superfície que se aproxima da superfície física da Terra.

O **potencial de gravidade** W_P é uma função escalar, que resulta da soma entre outras duas funções escalares: o **potencial gravitacional** V_P e o **potencial centrífugo** Φ_P

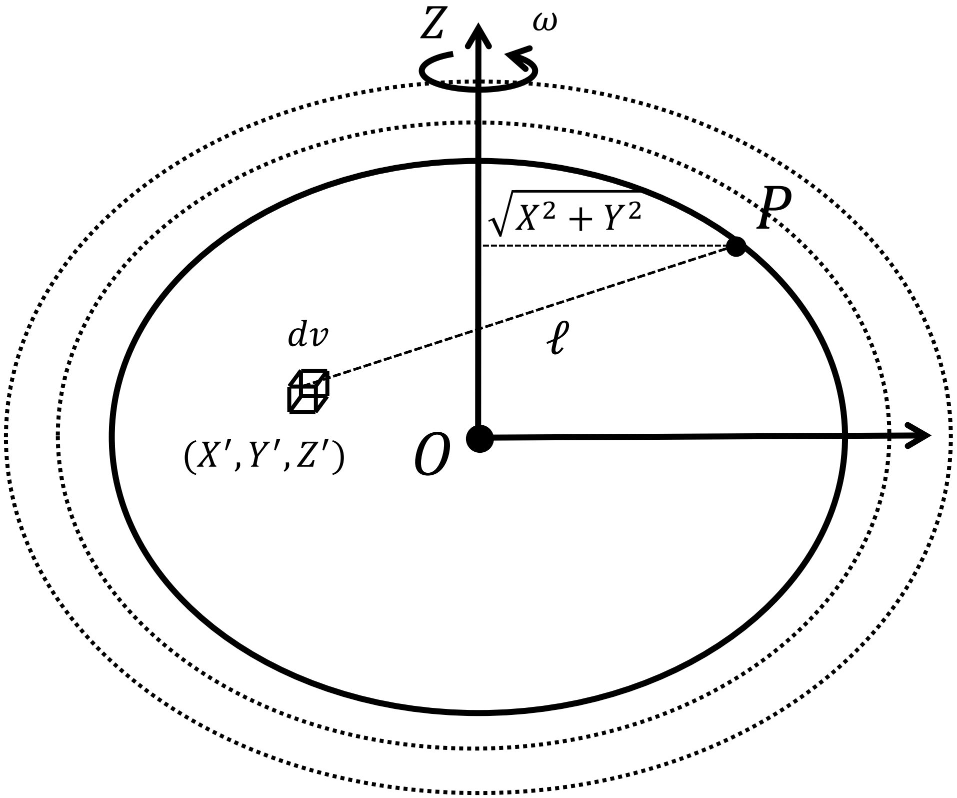


$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

Analogamente, a Terra Normal produz um campo de gravidade denominado **campo de gravidade normal.**

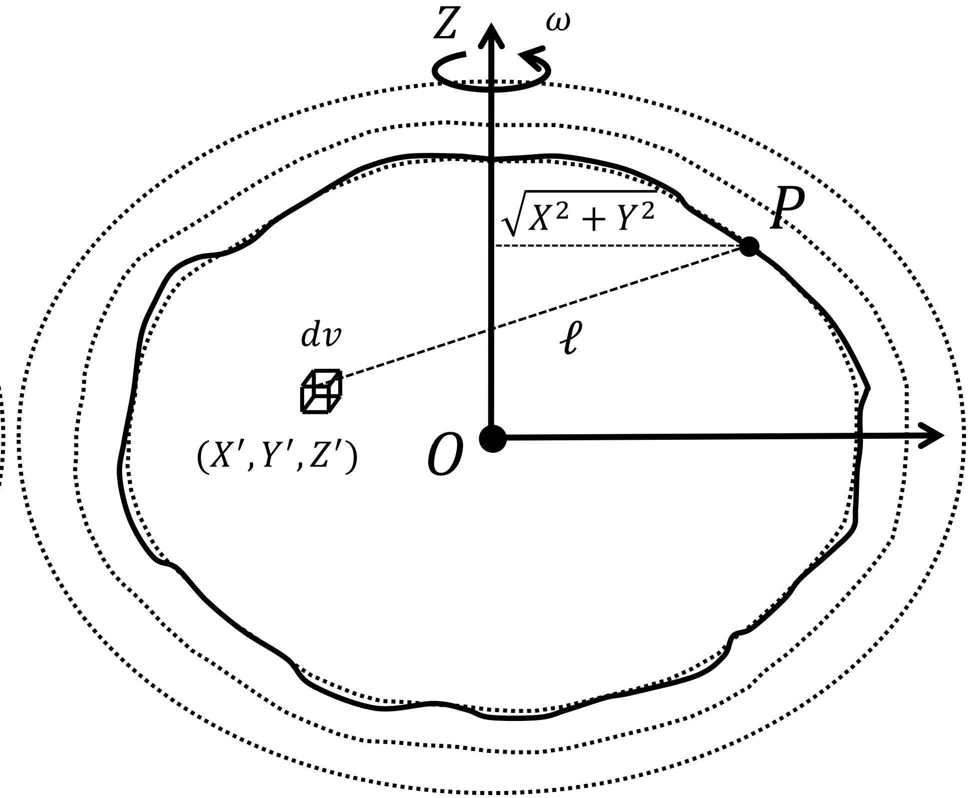


$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad U_P = G\iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

O Geoide é uma superfície que se aproxima da superfície física da Terra.



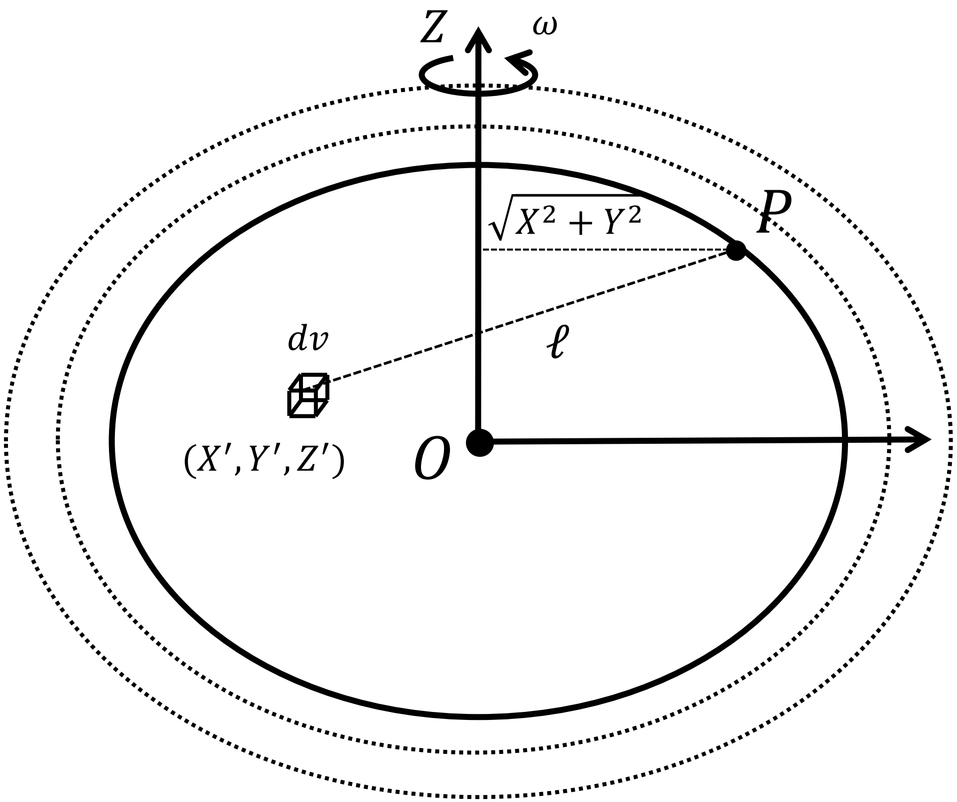
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

A componente centrífuga é igual àquela do campo de gravidade da Terra. Contudo, a componente gravitacional é diferente.

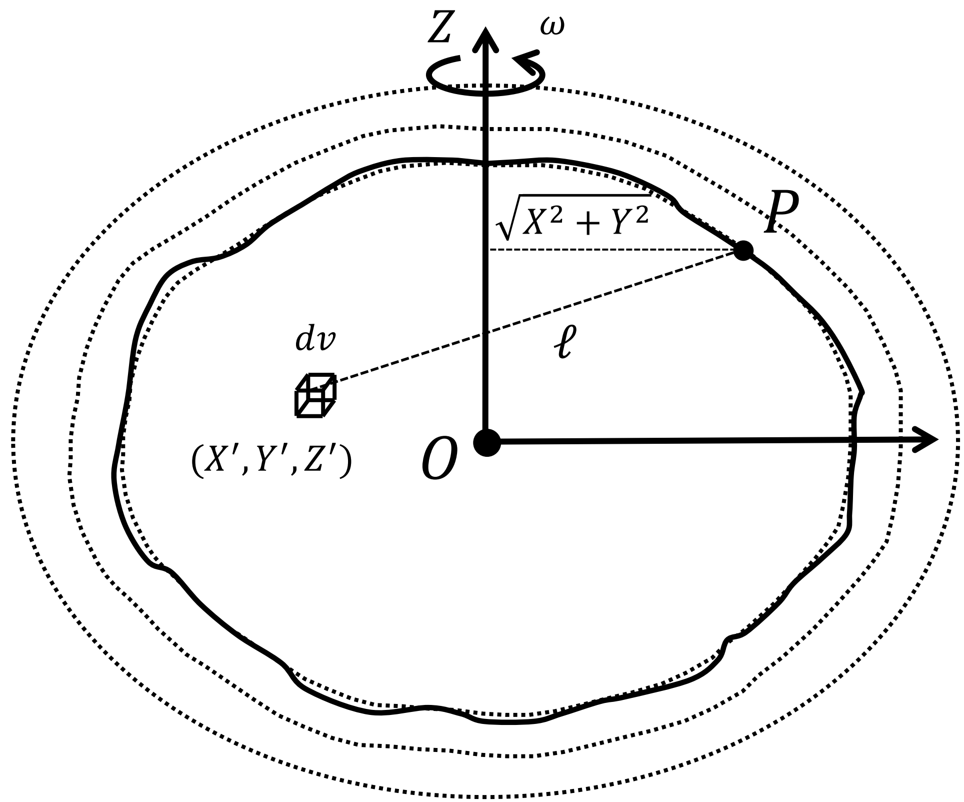
O Geoide é uma superfície que se aproxima da superfície física da Terra.



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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G\iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$



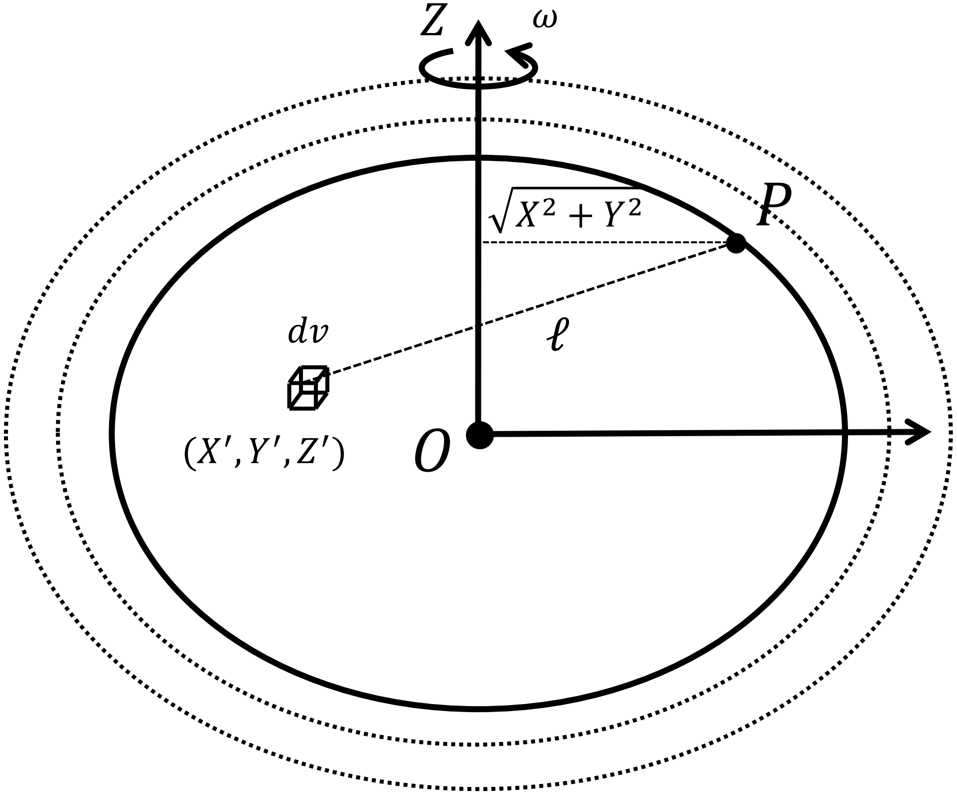
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

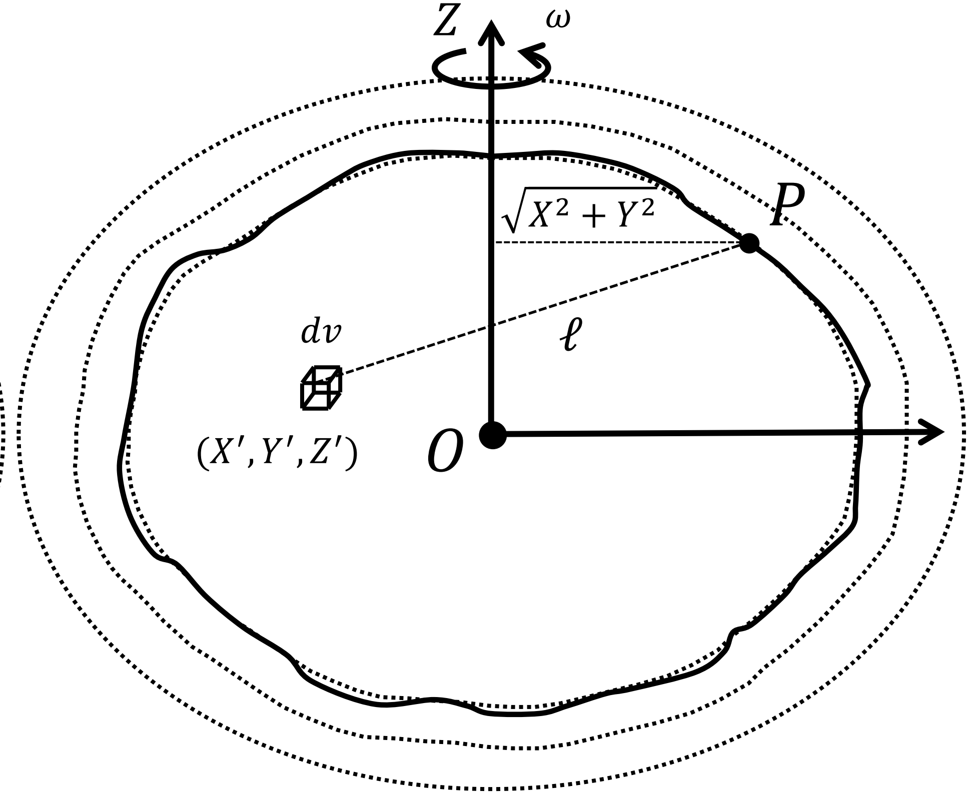
$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

As equipotenciais do campo de gravidade normal são denominadas **Esferopes**

O Geoide é uma superfície que se aproxima da superfície física da Terra.





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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad U_P = G\iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

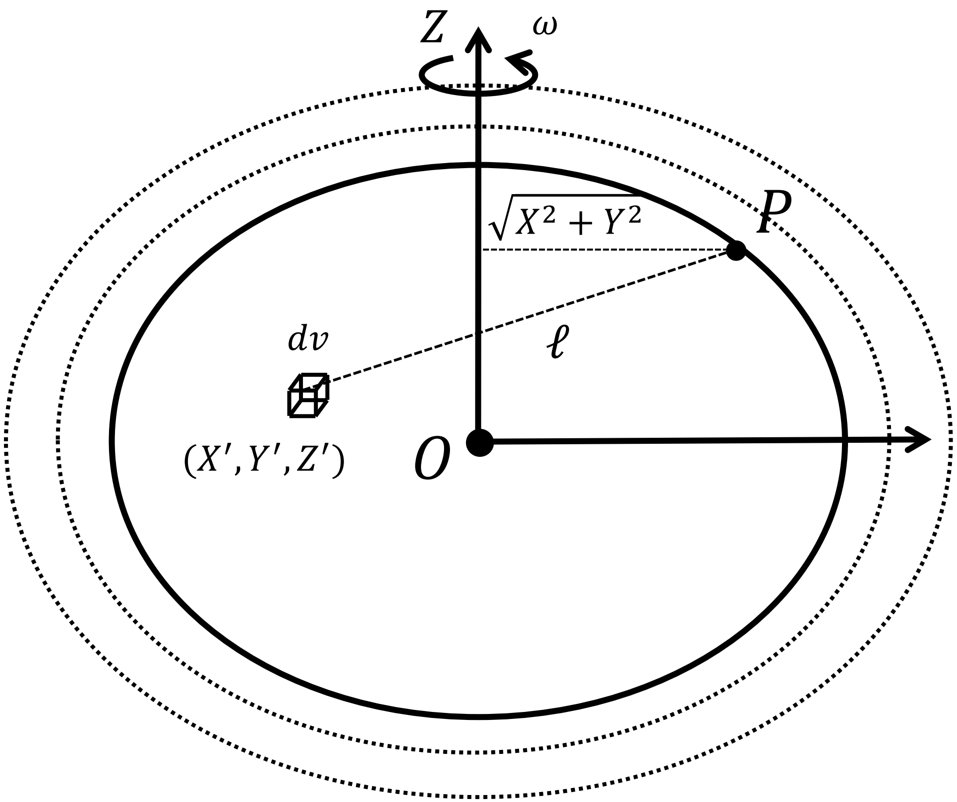
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

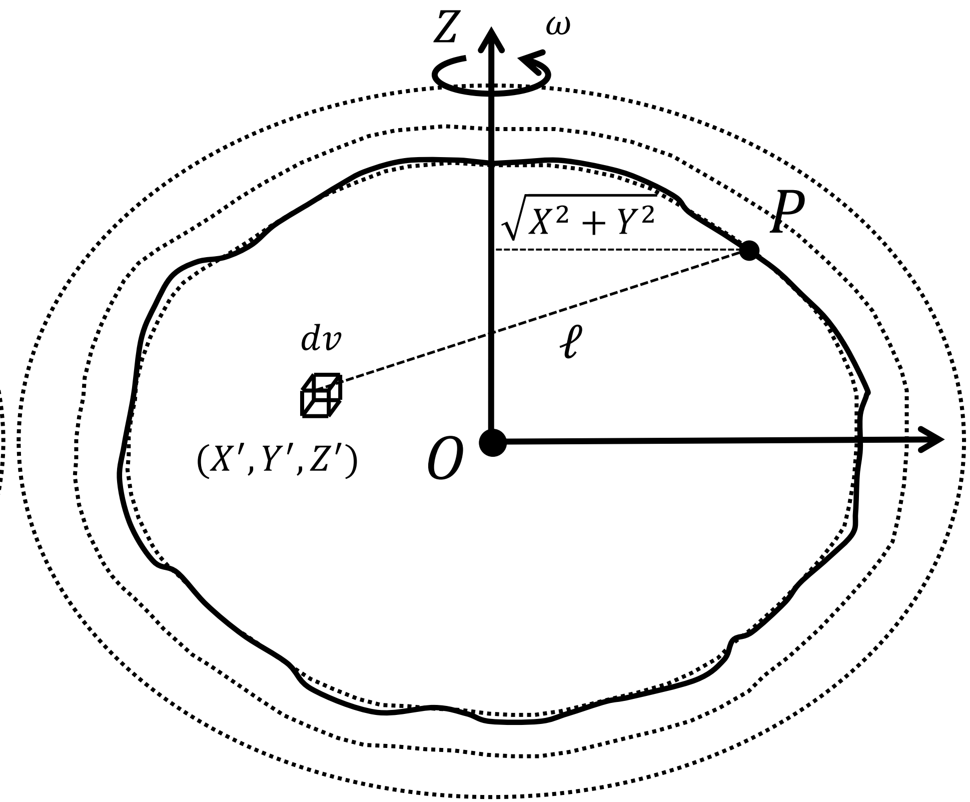
$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

A superfície elipsoidal que define o modelo de Terra Normal é definida por um Esferope.

O Geoide é uma superfície que se aproxima da superfície física da Terra.





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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

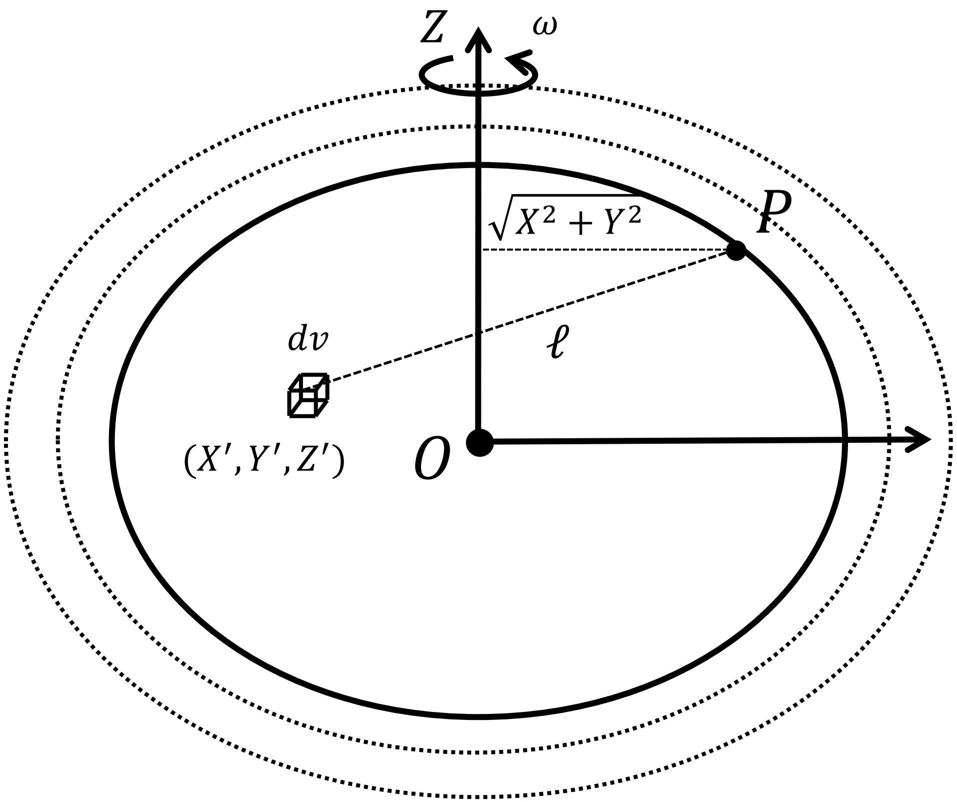
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

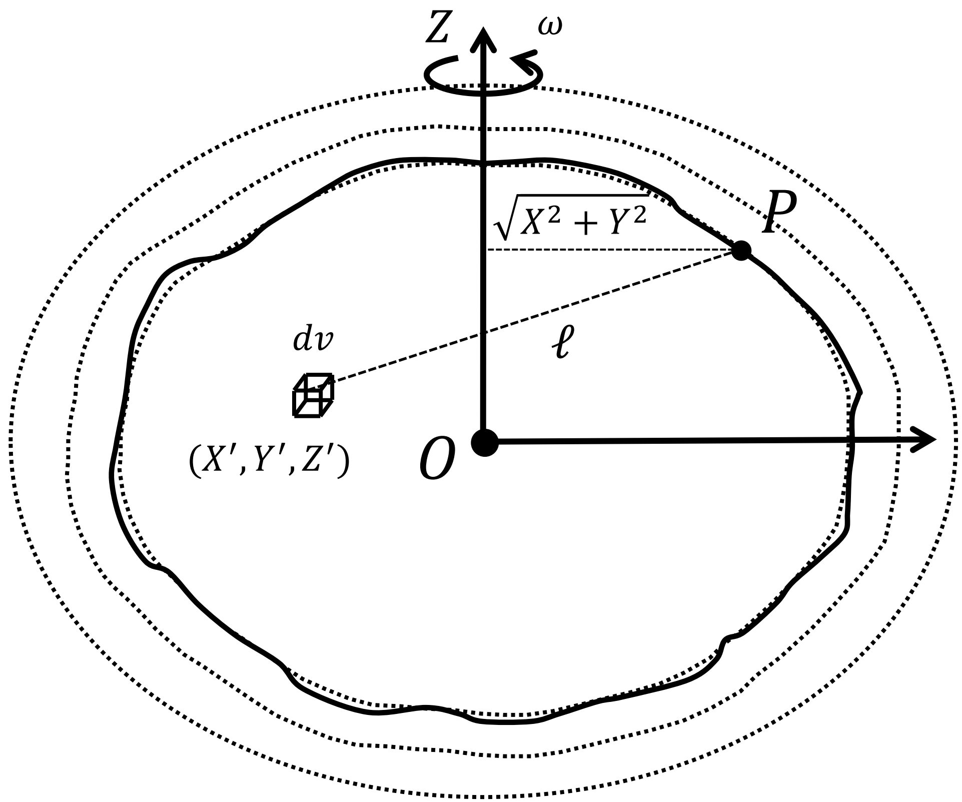
$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

A distribuição interna de densidade da Terra Normal é desconhecida. As únicas restrições são: a Terra Normal tem a mesma massa da Terra e sua superfície limitante é um Esferope.

O Geoide é uma superfície que se aproxima da superfície física da Terra.





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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad U_P = G\iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell}dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

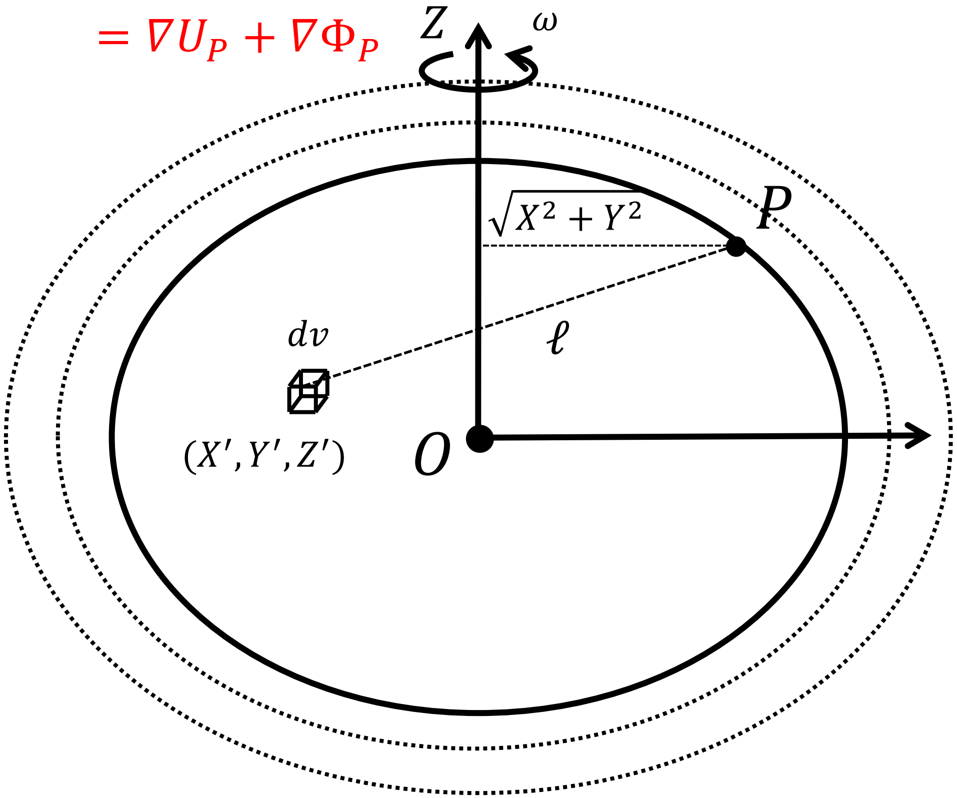
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2+Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}dv$$

$$\ell = \sqrt{(X-X')^2+(Y-Y')^2+(Z-Z')^2}$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é definido como o gradiente do potencial de gravidade normal no ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



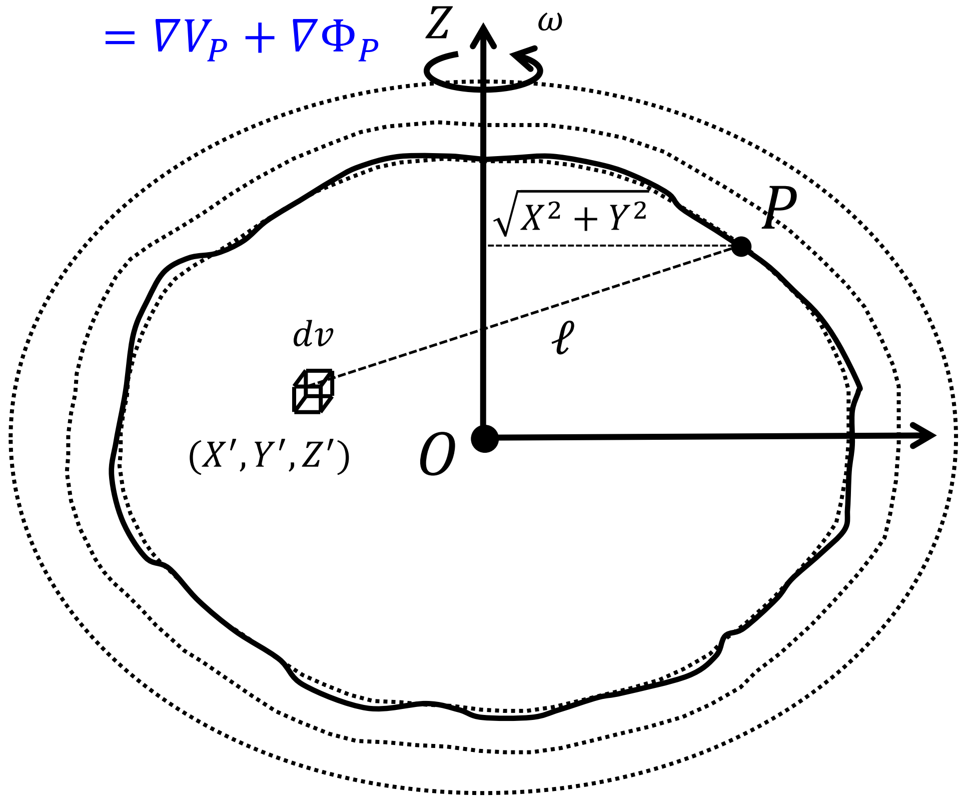
$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade** no ponto P é definido como o gradiente do potencial de gravidade no ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



$$W_P = V_P + \Phi_P$$

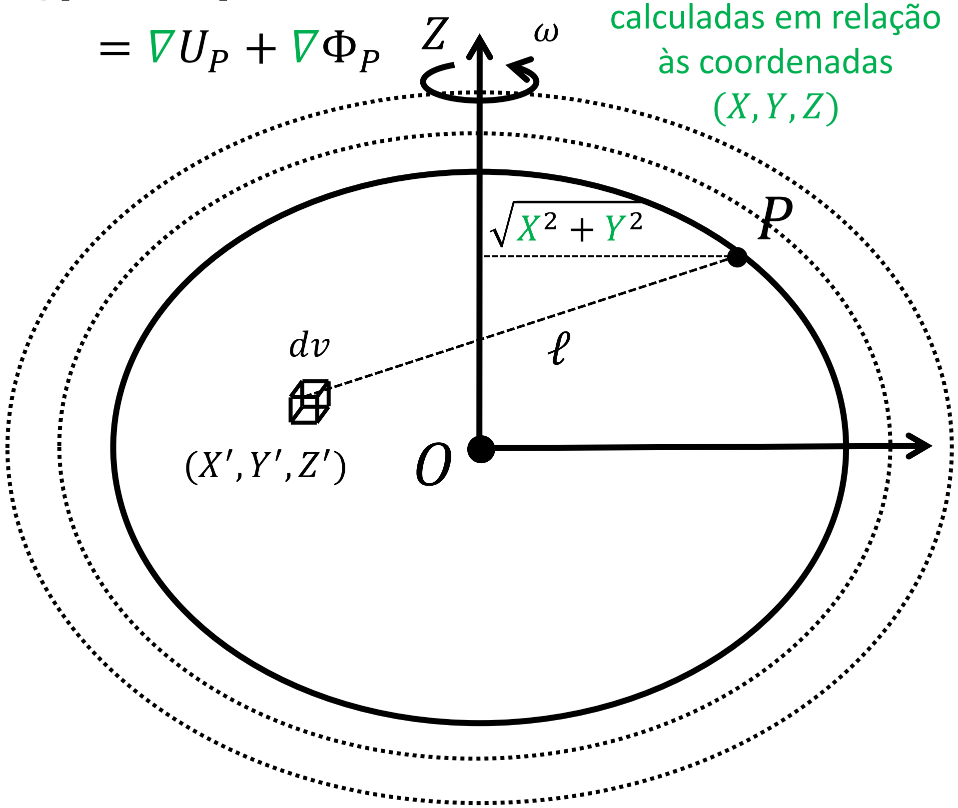
$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é definido como o gradiente do potencial de gravidade normal no ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

As derivadas são calculadas em relação às coordenadas (X, Y, Z)



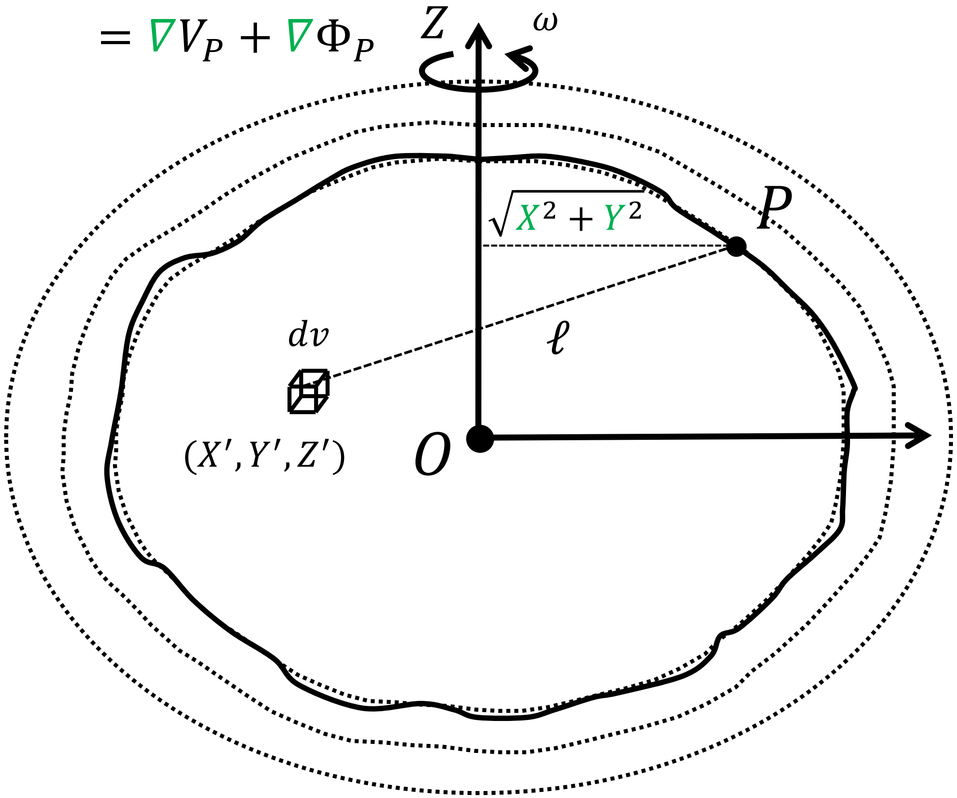
$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade** no ponto P é definido como o gradiente do potencial de gravidade no ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



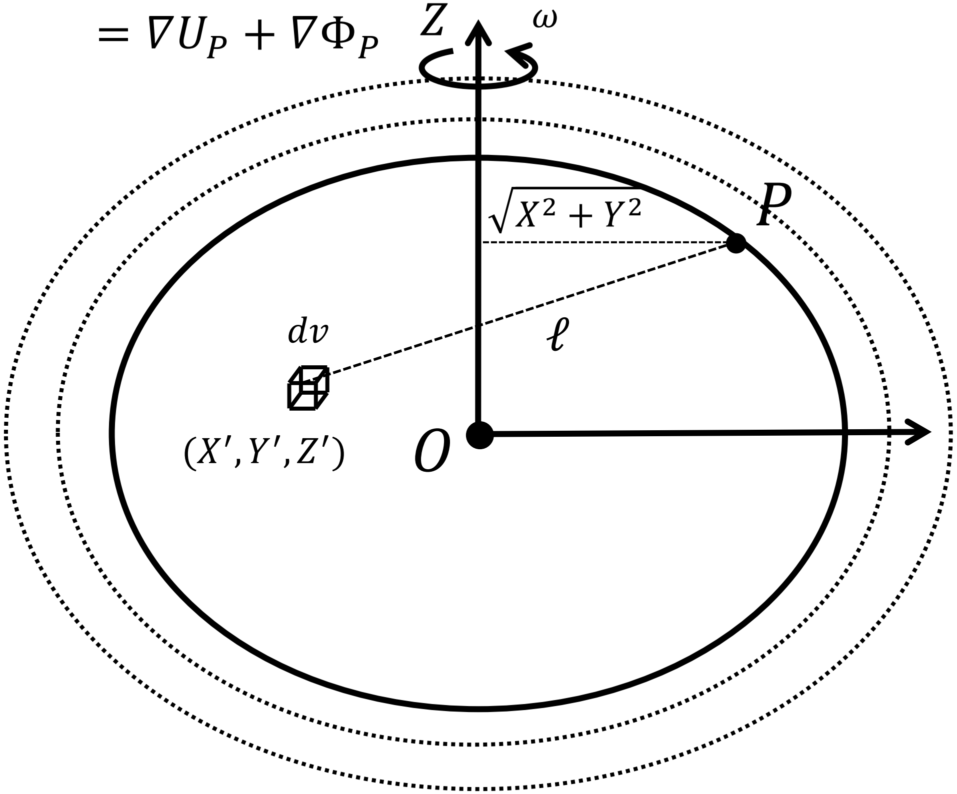
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



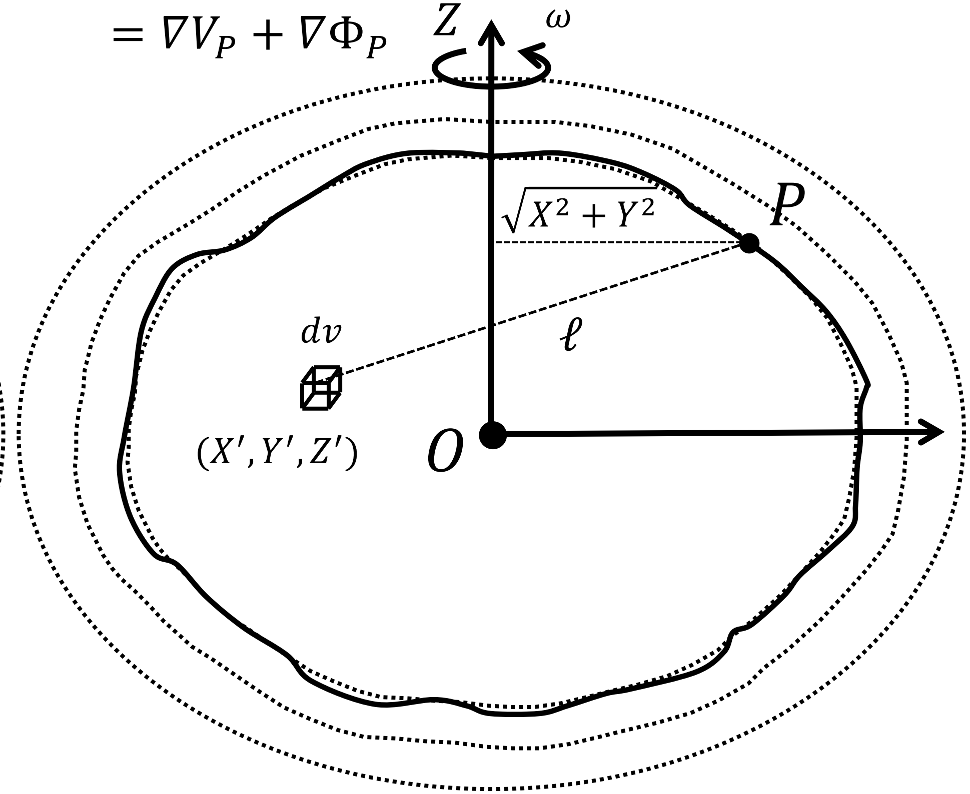
$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



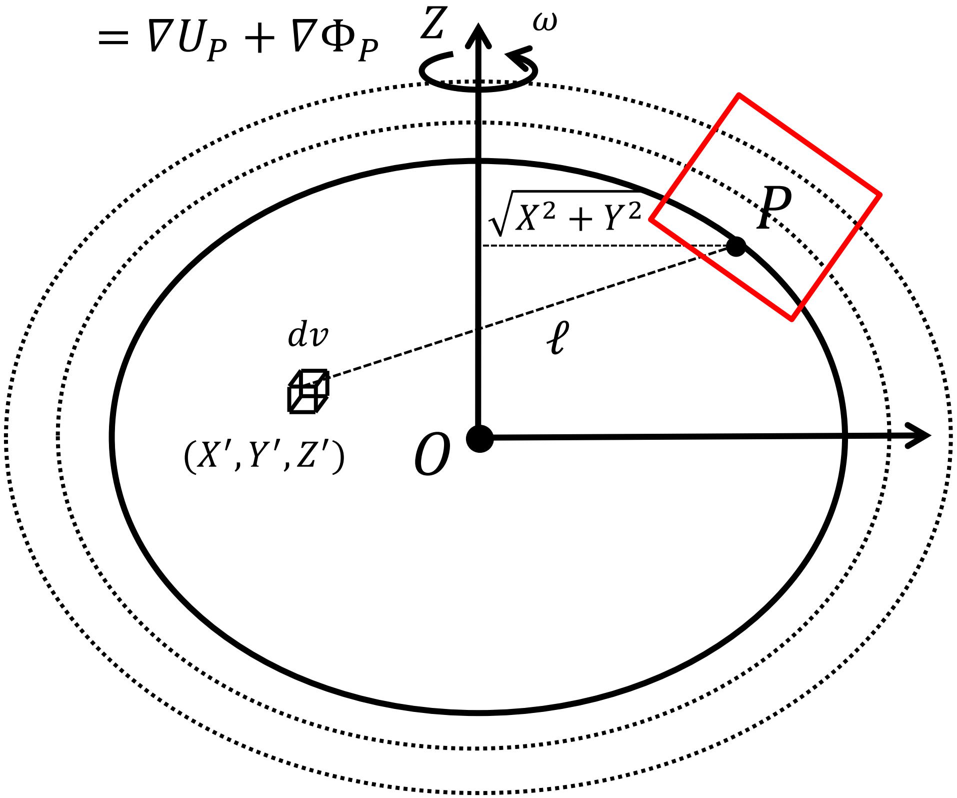
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



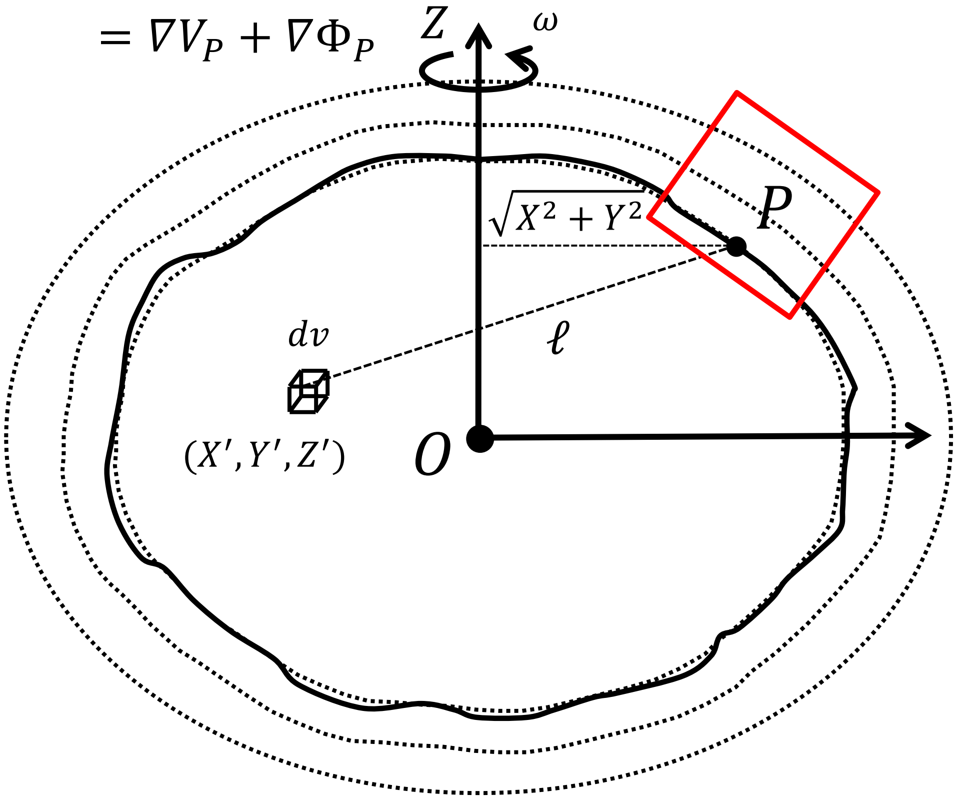
$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G\iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



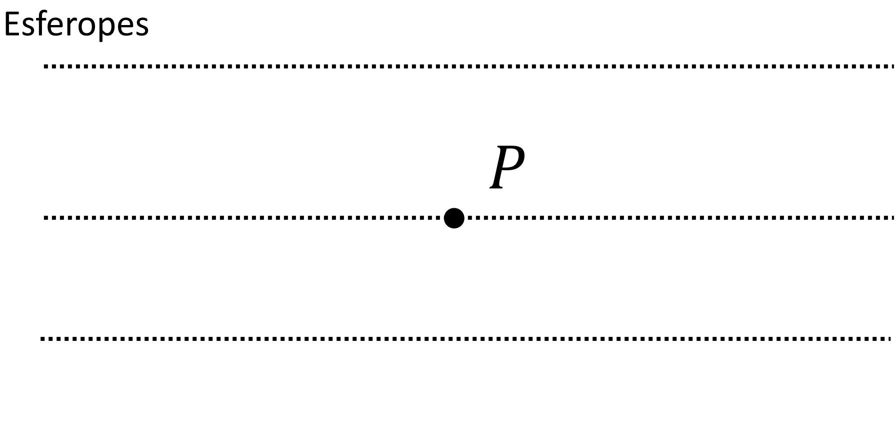
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}\,dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



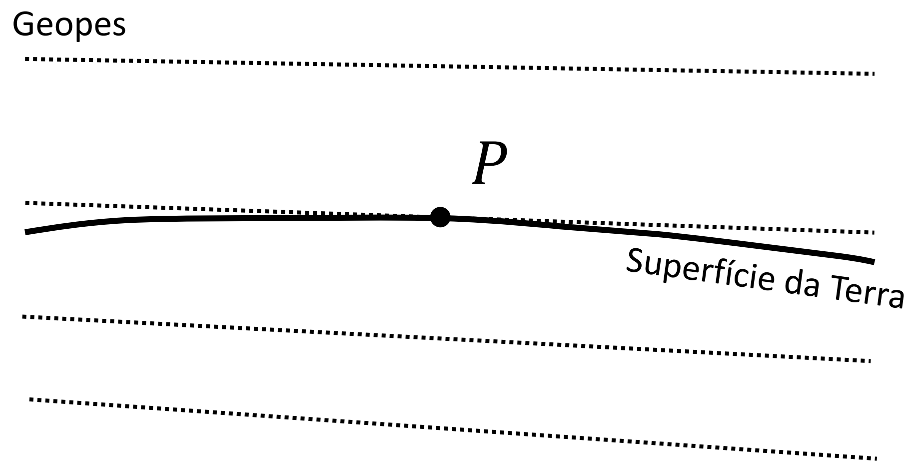
$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



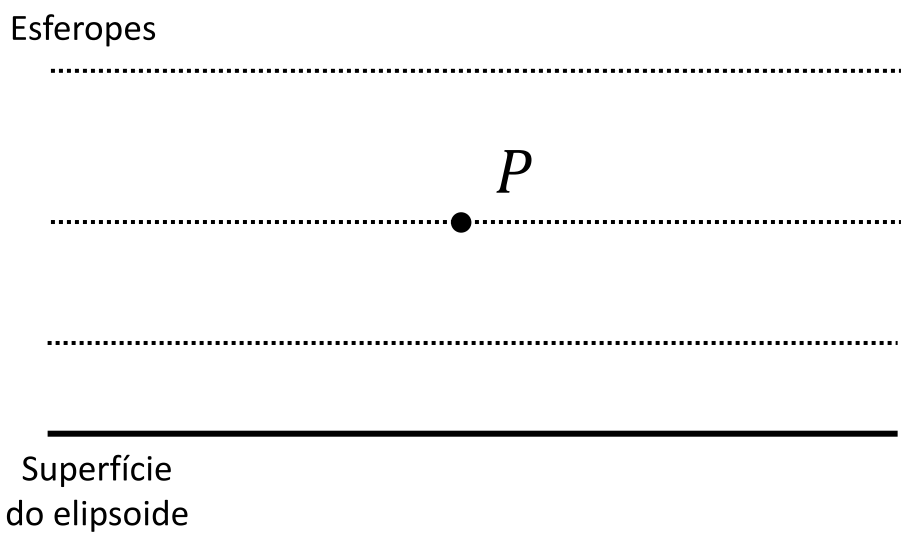
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

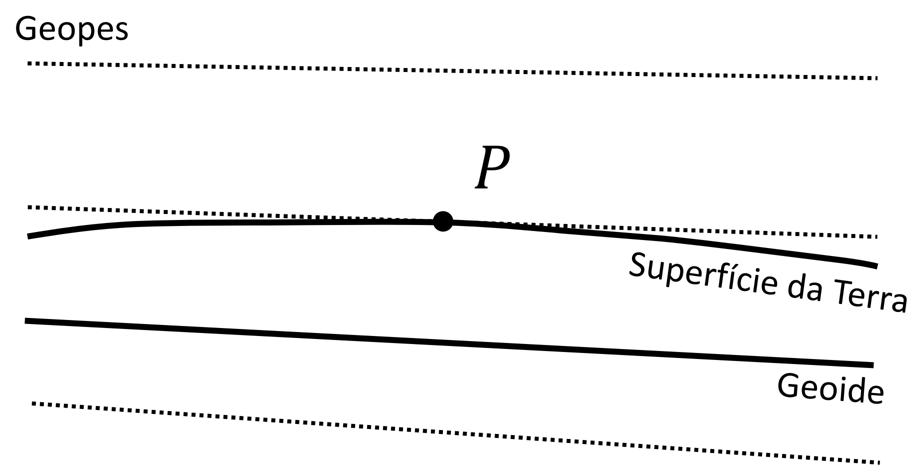
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

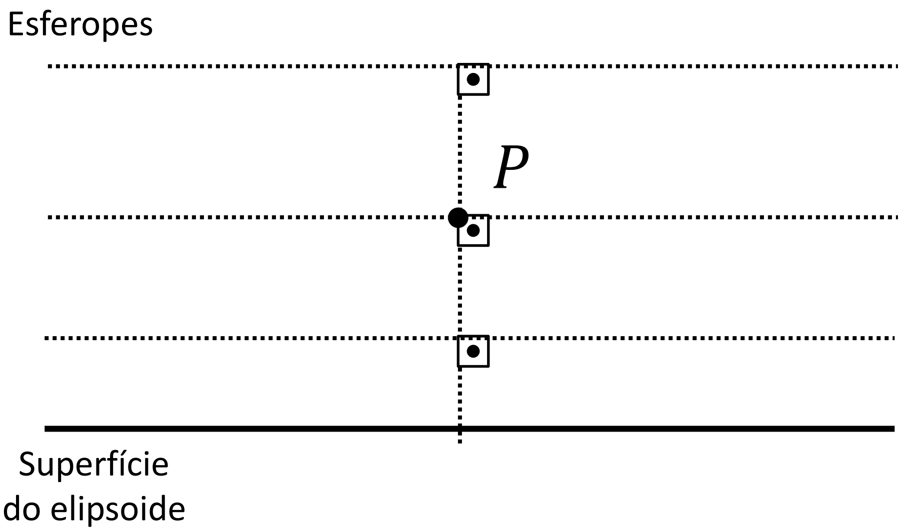
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



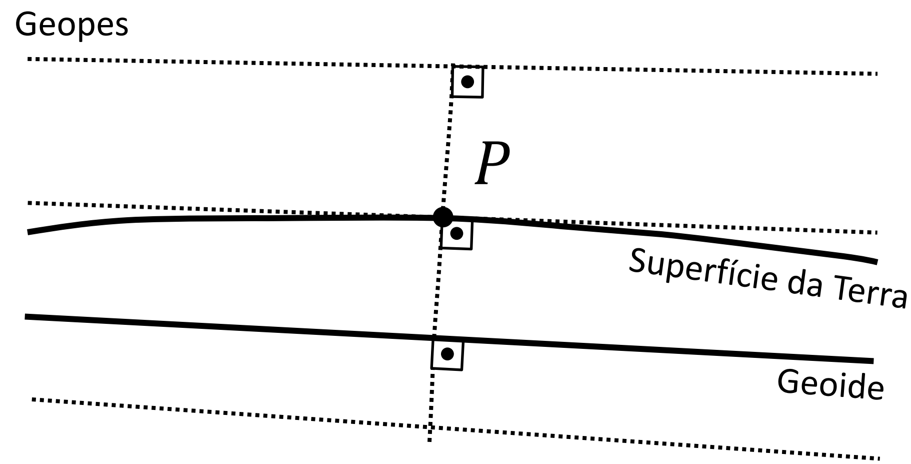
$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



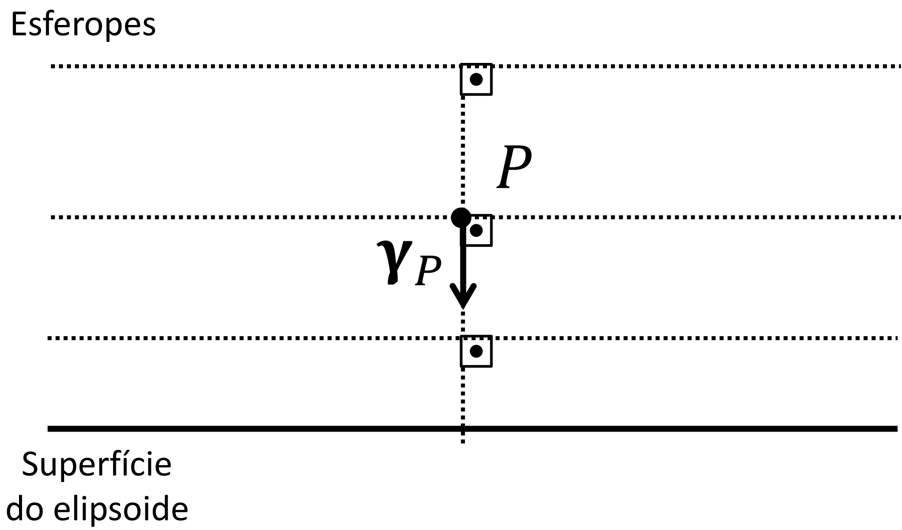
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



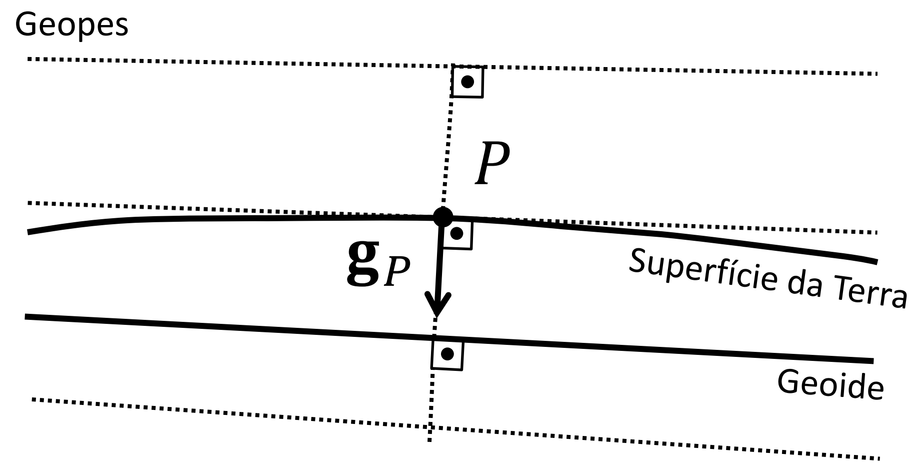
$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



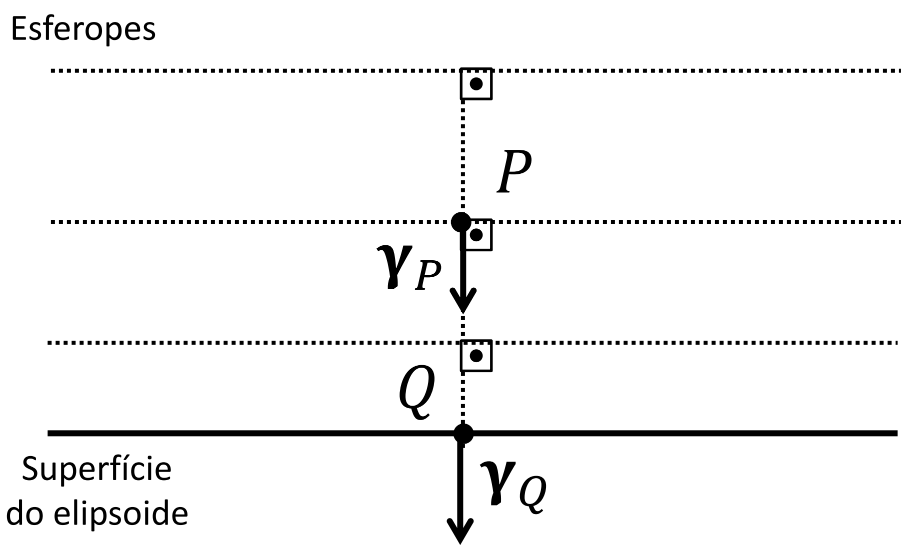
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



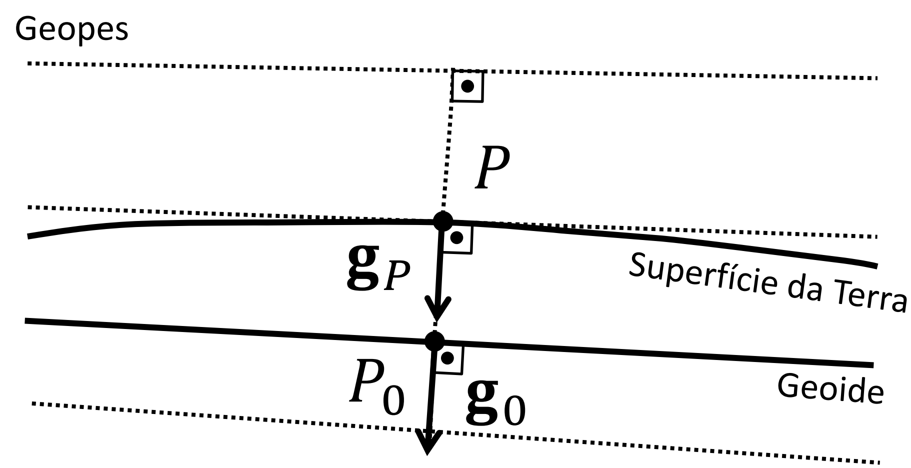
$$\widetilde{W}_P = U_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

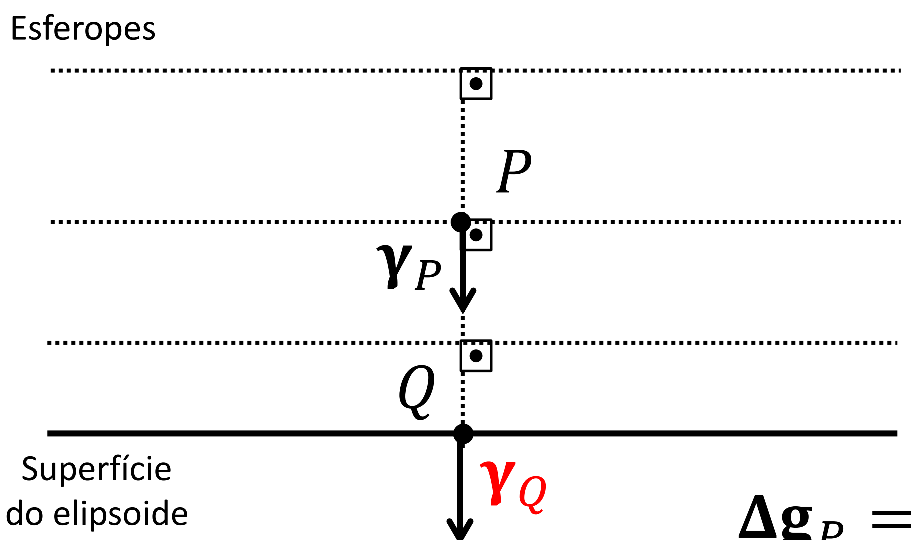
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

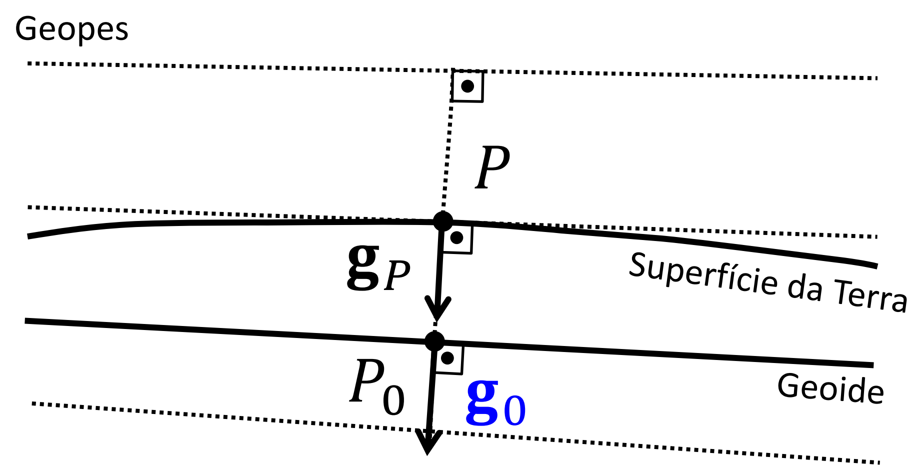
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Vetor anomalia de gravidade

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

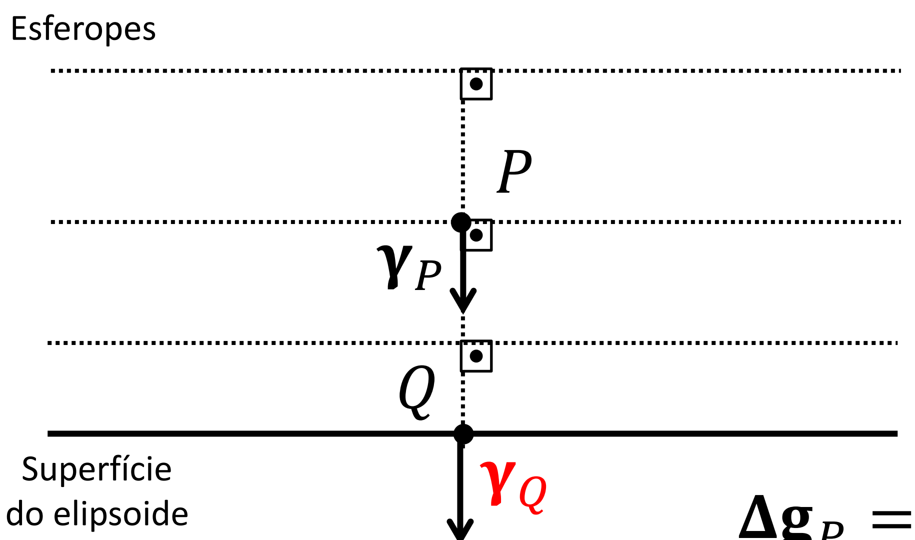
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

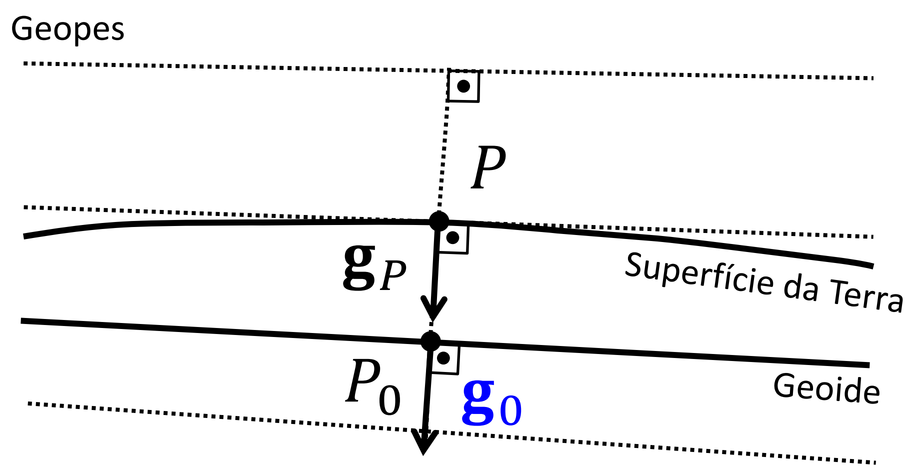
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Vetor anomalia de gravidade

Note que o vetor gravidade e o vetor gravidade normal **não estão** avaliados no mesmo ponto

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

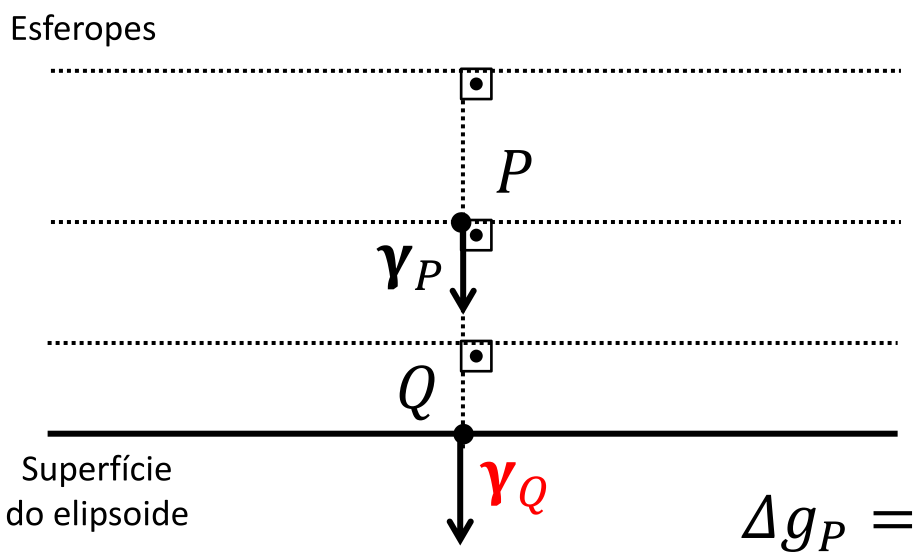
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

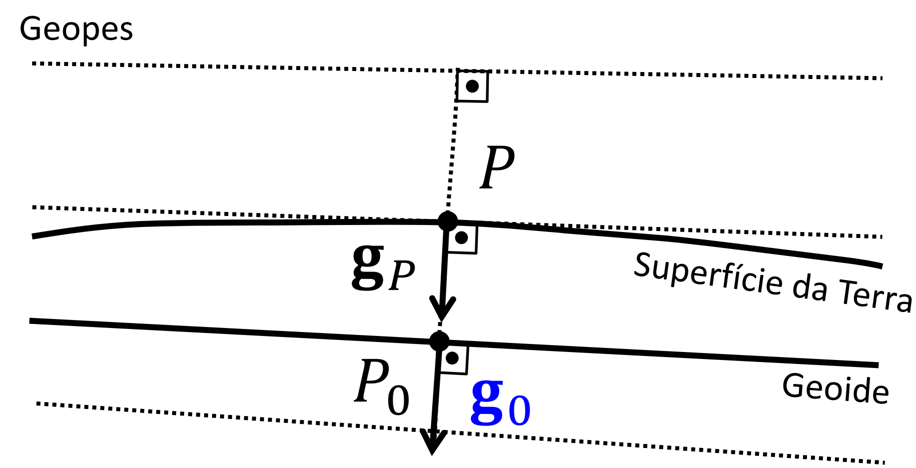
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Anomalia de gravidade

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

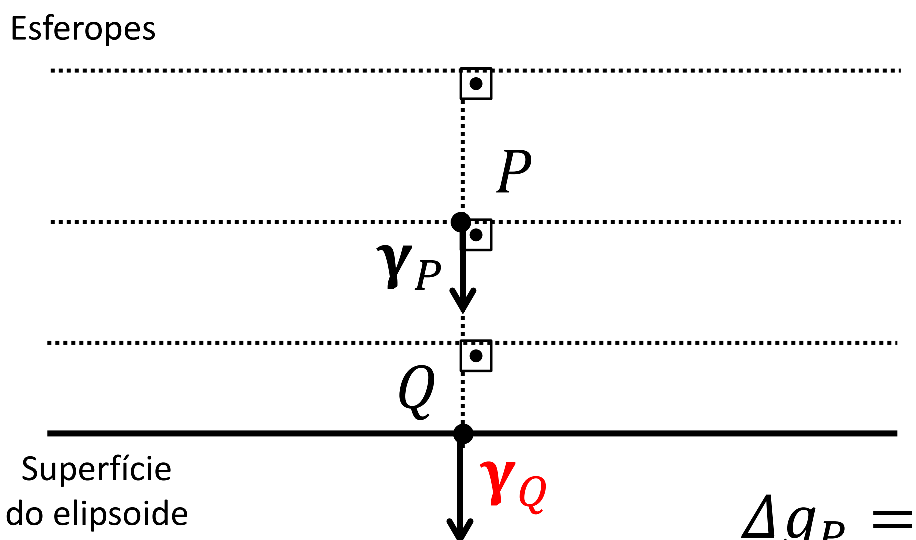
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

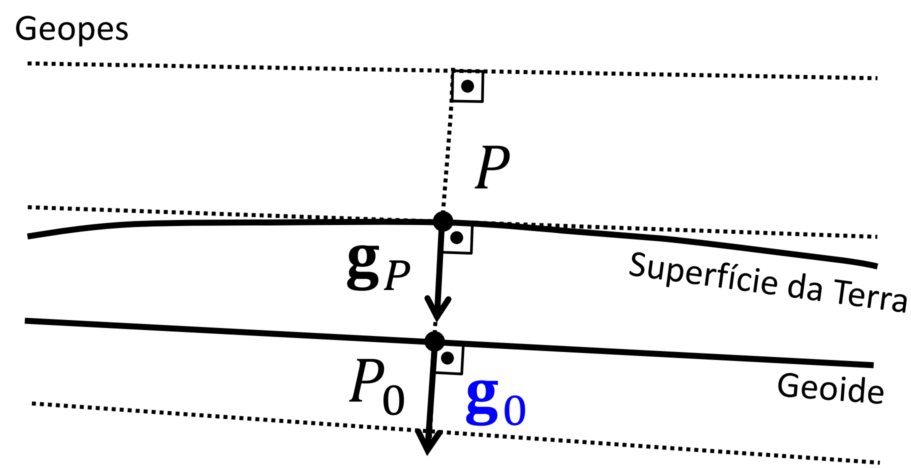
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Anomalia de gravidade

Note que a gravidade e a gravidade normal **não estão** avaliadas no mesmo ponto

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

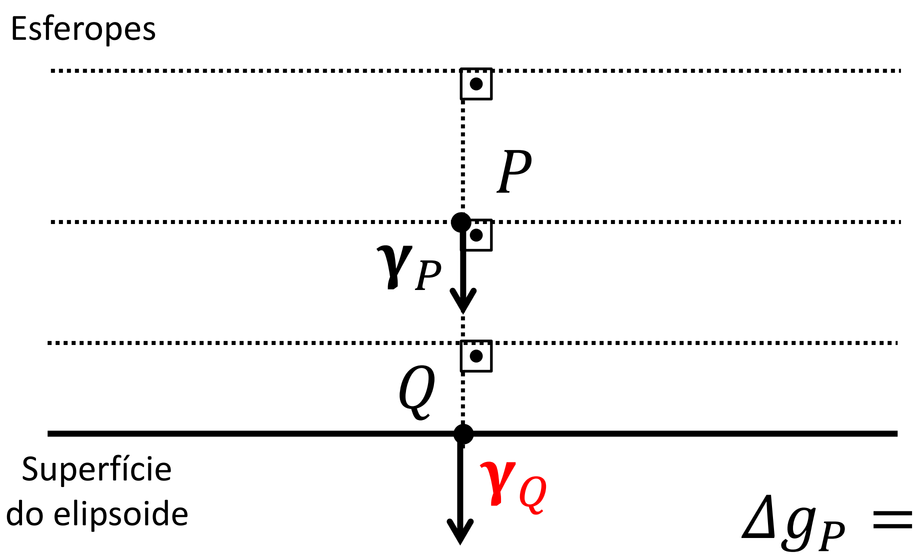
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

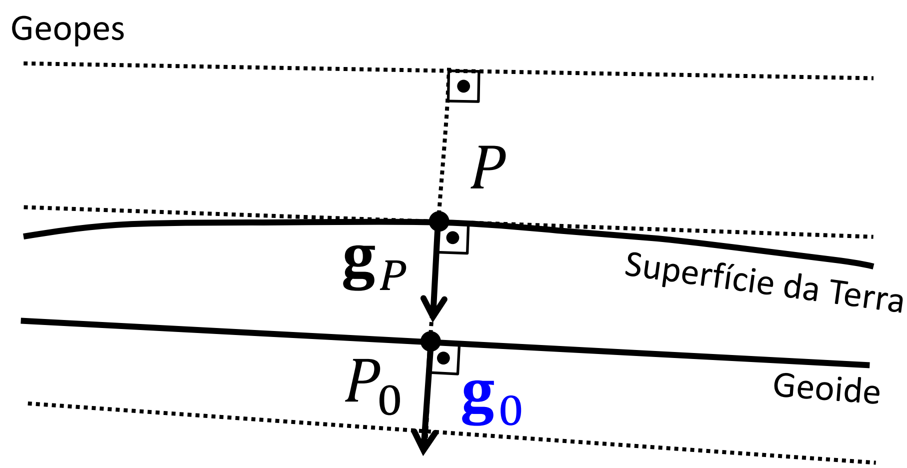
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Anomalia de gravidade

Vale ressaltar que a anomalia de gravidade **não representa** a amplitude do vetor anomalia de gravidade

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

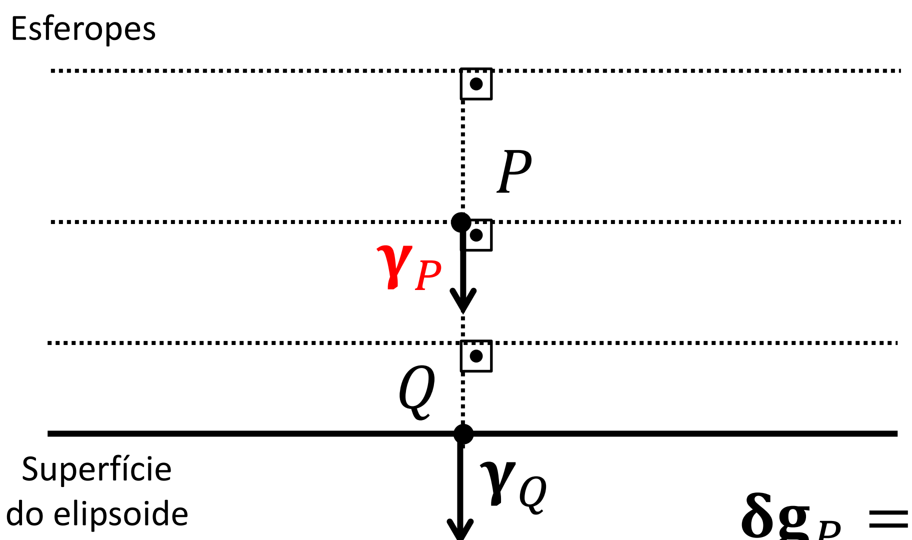
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

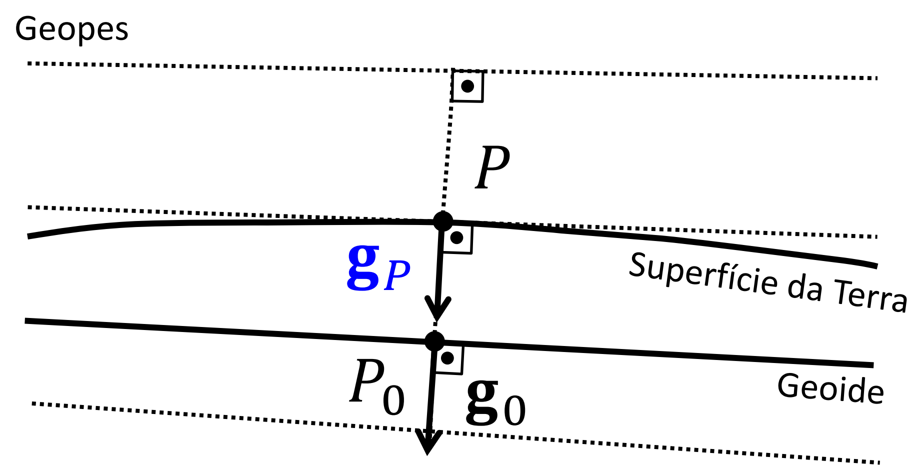
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Vetor distúrbio de gravidade

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

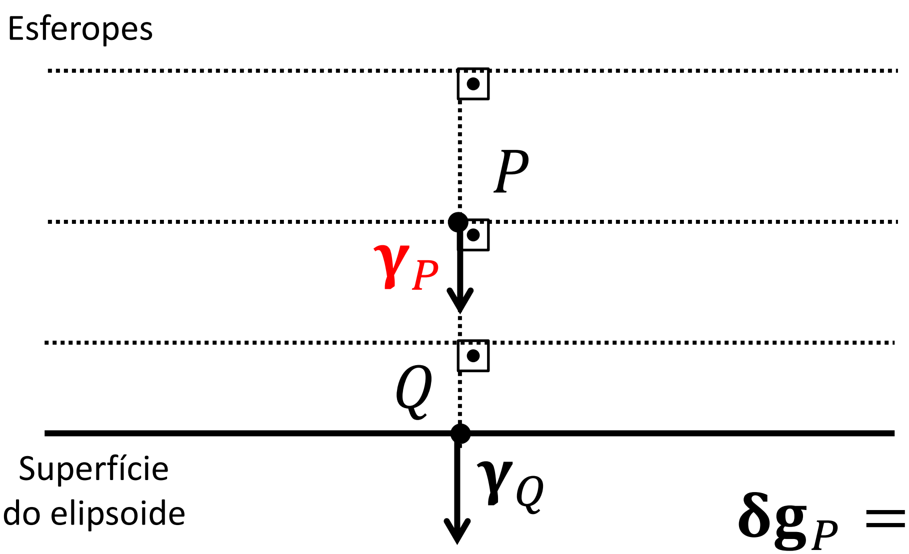
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

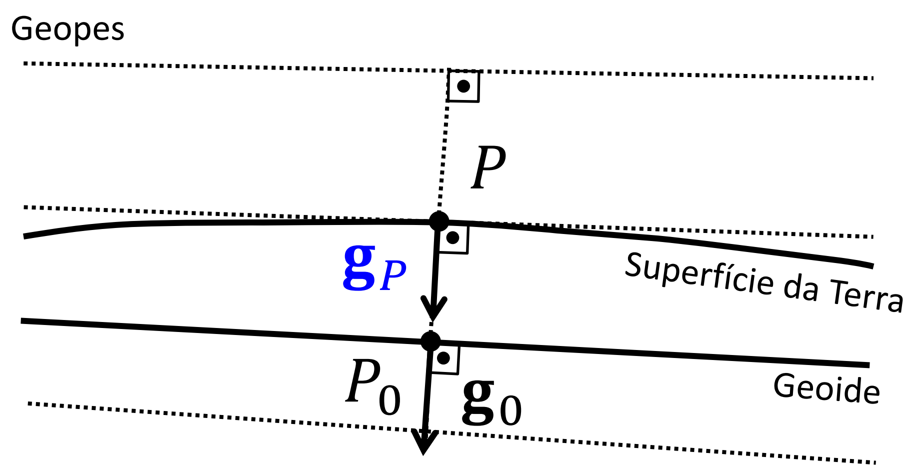
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Vetor distúrbio de gravidade

Note que o vetor gravidade e o vetor gravidade normal **estão** avaliados no mesmo ponto

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

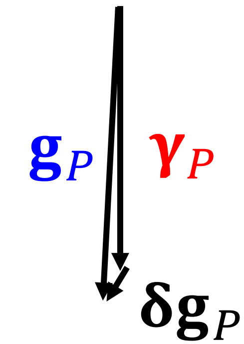
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

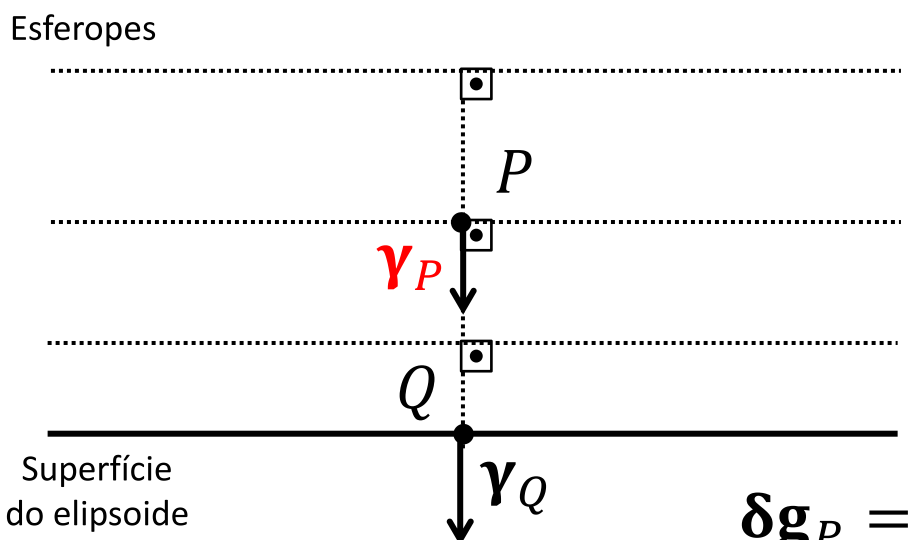
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

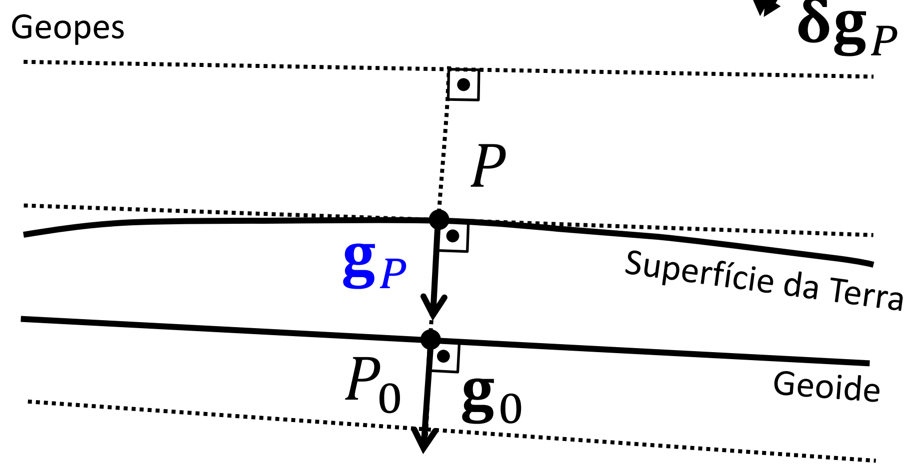
$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$







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

Vetor distúrbio de gravidade

Isso significa que a componente centrífuga se anula e o resultado é uma **componente puramente gravitacional**

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G\iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell}dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

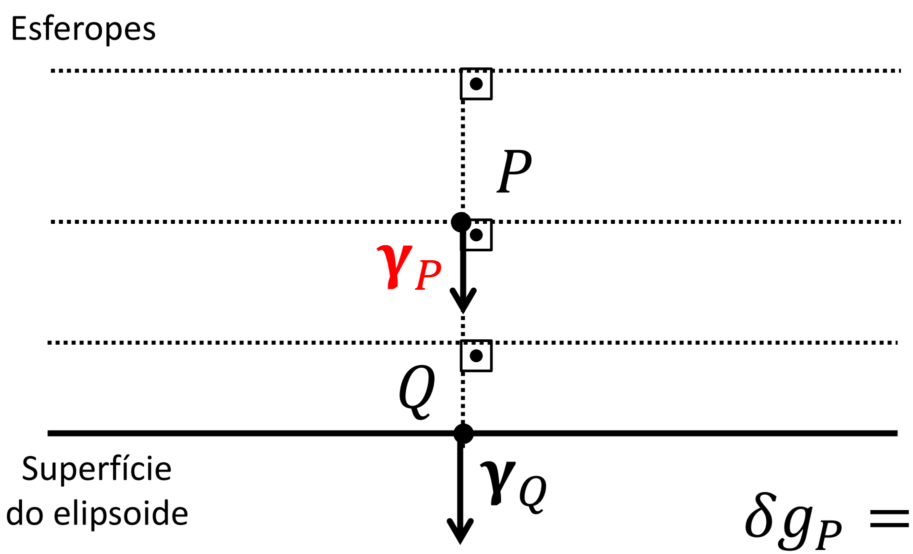
$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G\iiint \frac{\rho}{\ell}dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

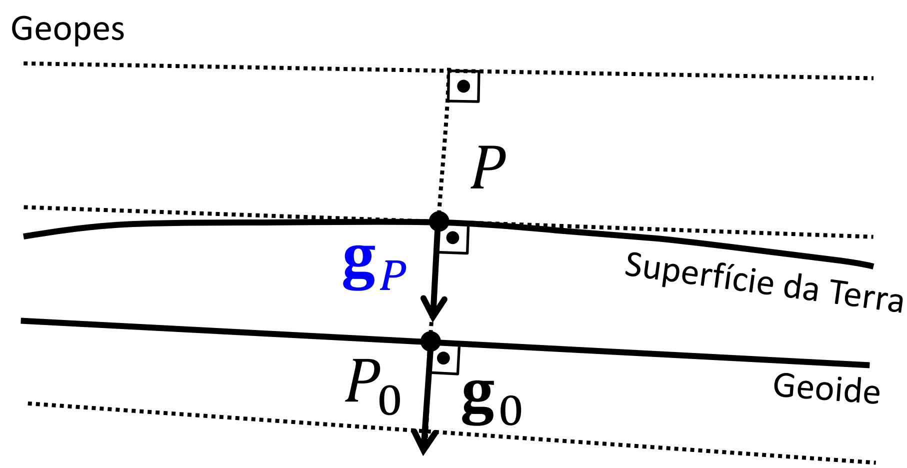
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$



O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$



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

Distúrbio de gravidade

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

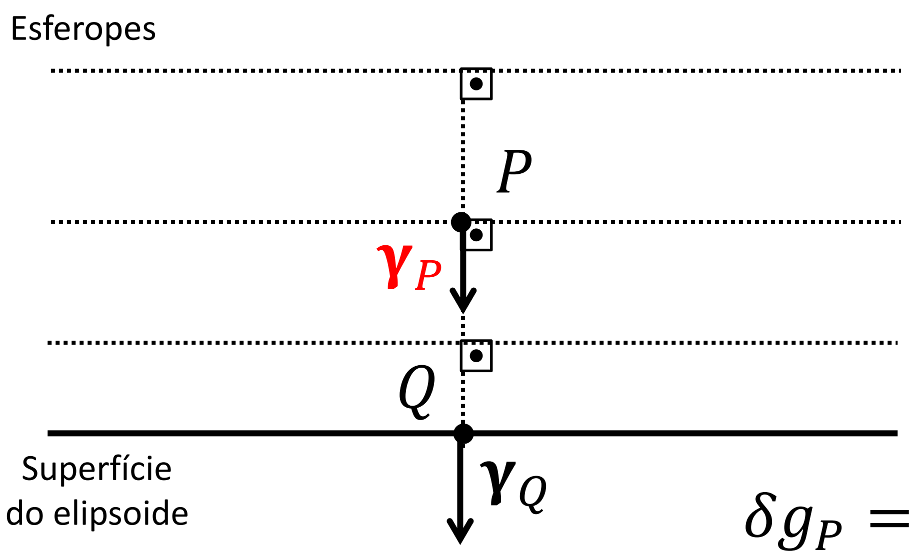
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

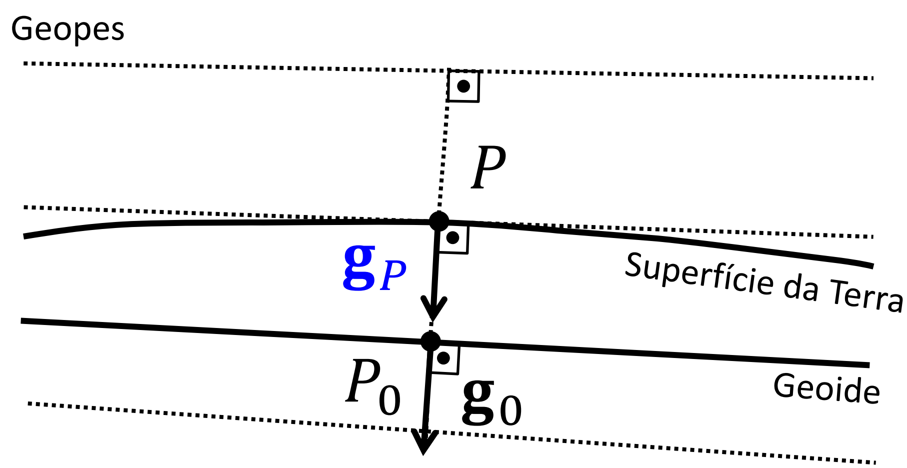
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Distúrbio de gravidade

Note que a gravidade e a gravidade normal **estão** avaliadas no mesmo ponto

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

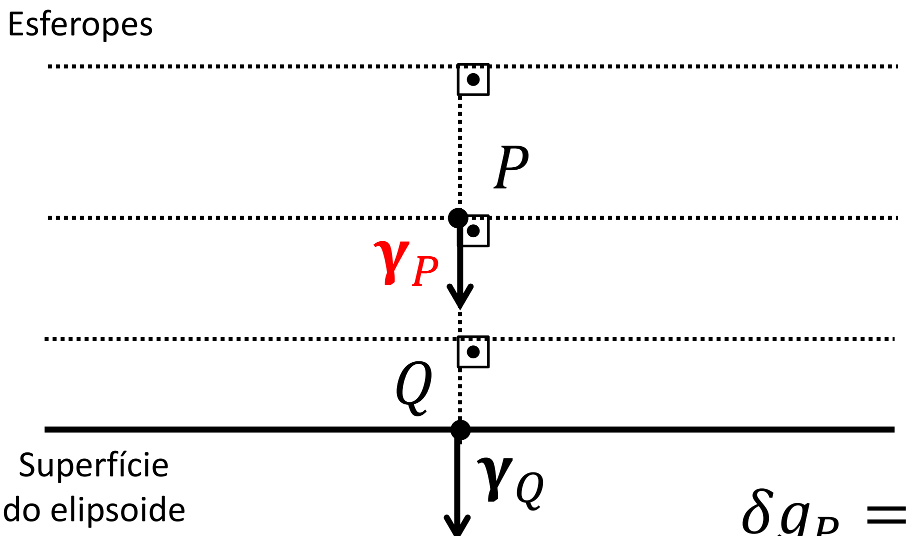
$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

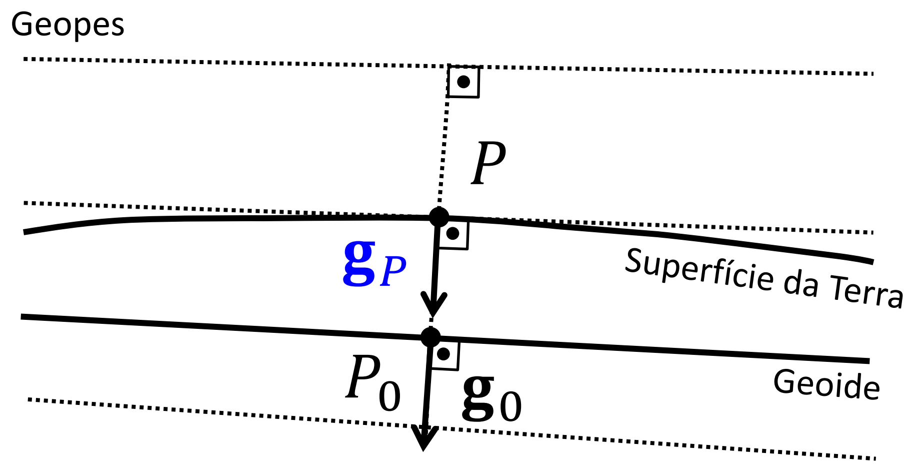
O **vetor gravidade normal** no ponto P é perpendicular ao Esferope que passa pelo ponto P.

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

O **vetor gravidade** no ponto P é perpendicular ao Geope que passa pelo ponto P.

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

Distúrbio de gravidade

Vale ressaltar que o distúrbio de gravidade **não representa** a amplitude do vetor distúrbio de gravidade

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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

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

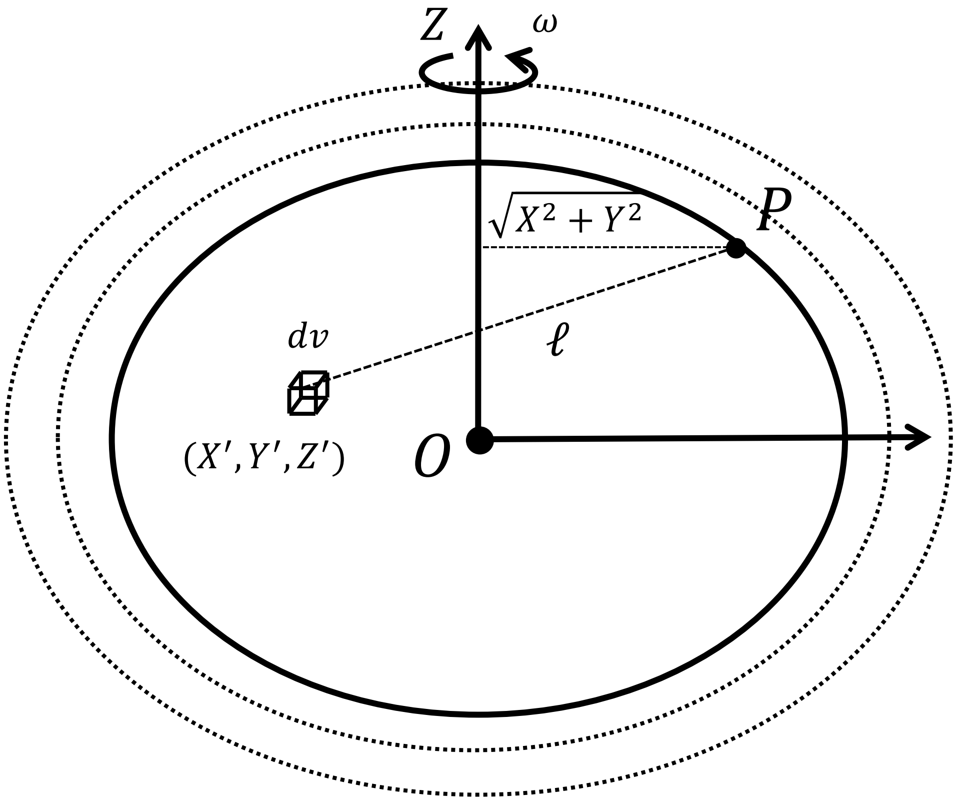
Vetor distúrbio de gravidade

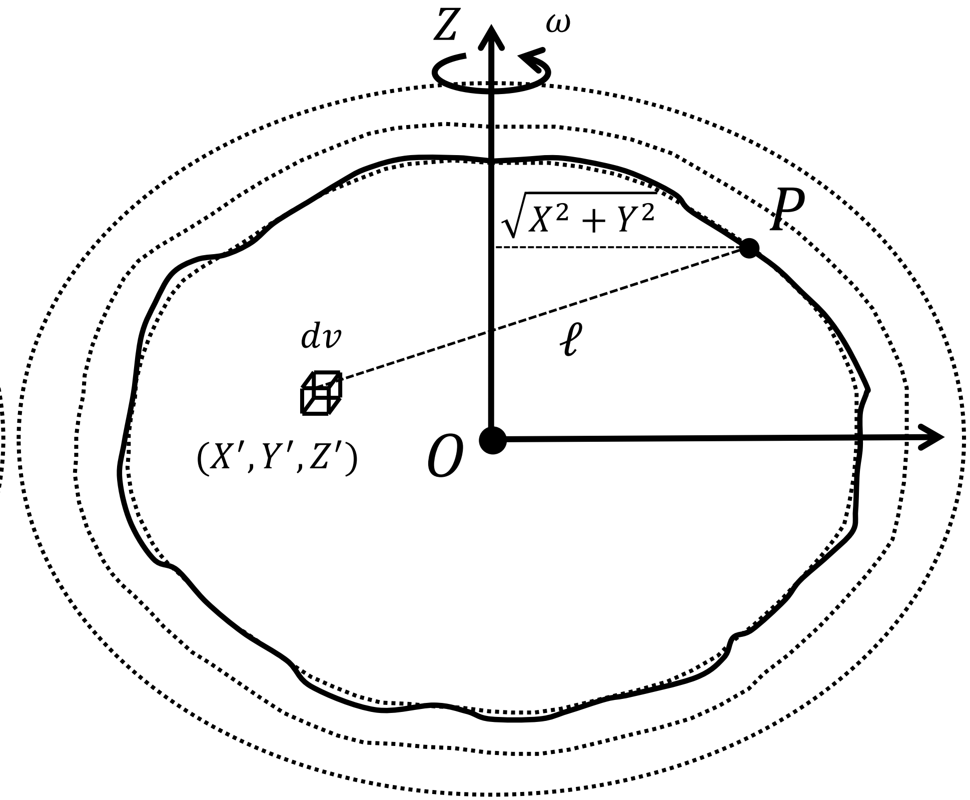
Vetor gravidade normal

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \nabla \Phi_P$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \nabla \Phi_P$$





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

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \Phi_P$$

$$\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2(X^2 + Y^2) \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

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

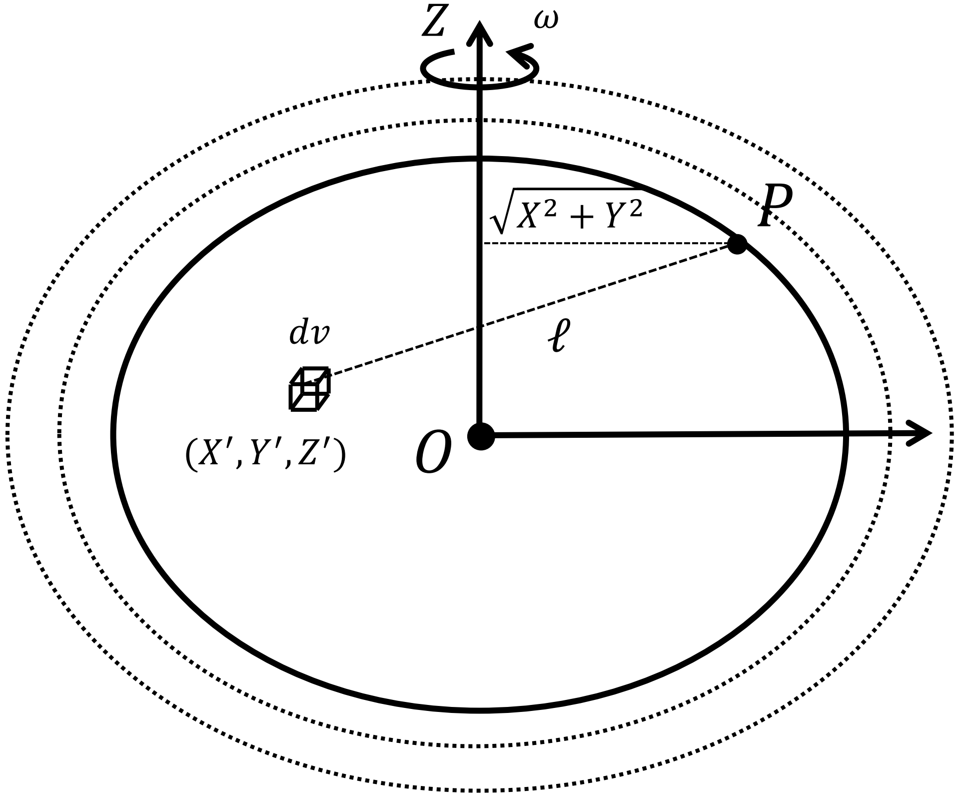
Vetor distúrbio de gravidade

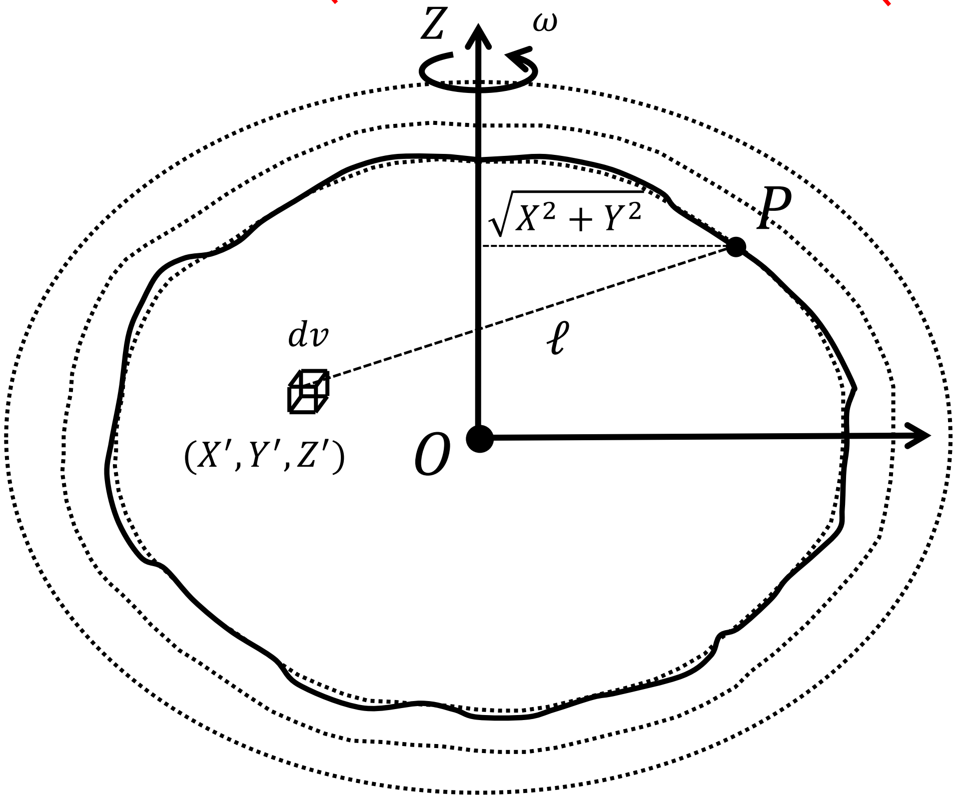
Vetor gravidade normal

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$





$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \nabla (V_P - U_P)$$

$$\widetilde{W}_P = U_P + \cancel{\Phi_P}$$

$$\cancel{\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2)} \qquad U_P = G \iiint \frac{\tilde{\rho}}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

$$W_P = V_P + \cancel{\Phi_P}$$

$$\cancel{\Phi_P = \frac{1}{2}\omega^2 (X^2 + Y^2)} \qquad V_P = G \iiint \frac{\rho}{\ell} dv$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

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

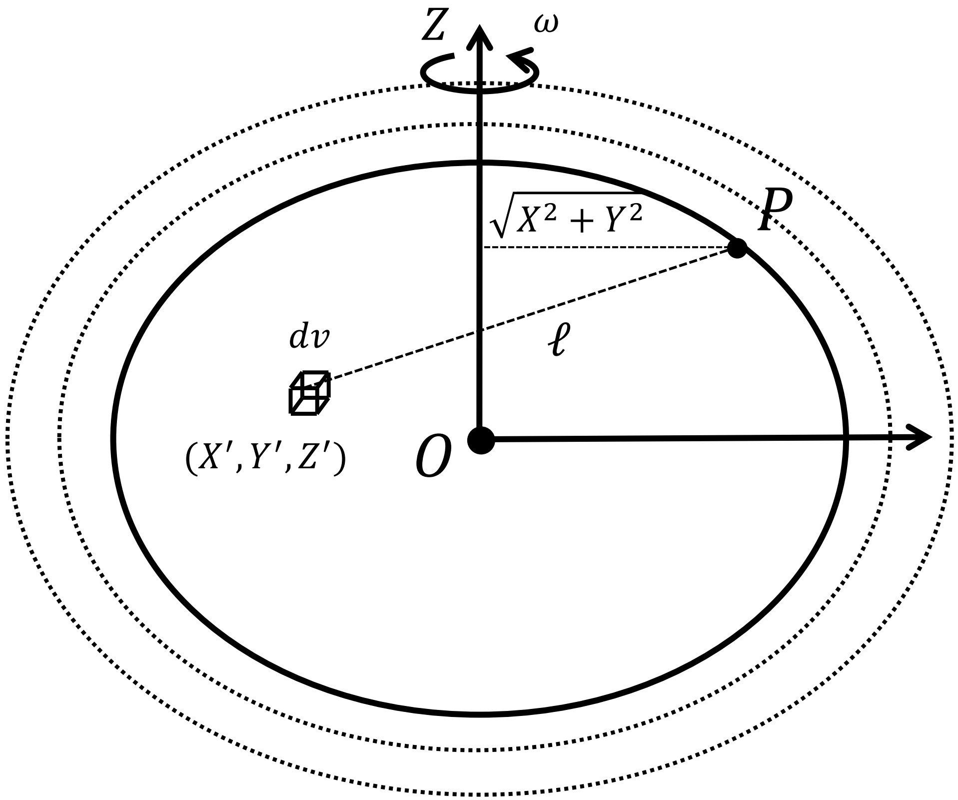
Vetor distúrbio de gravidade

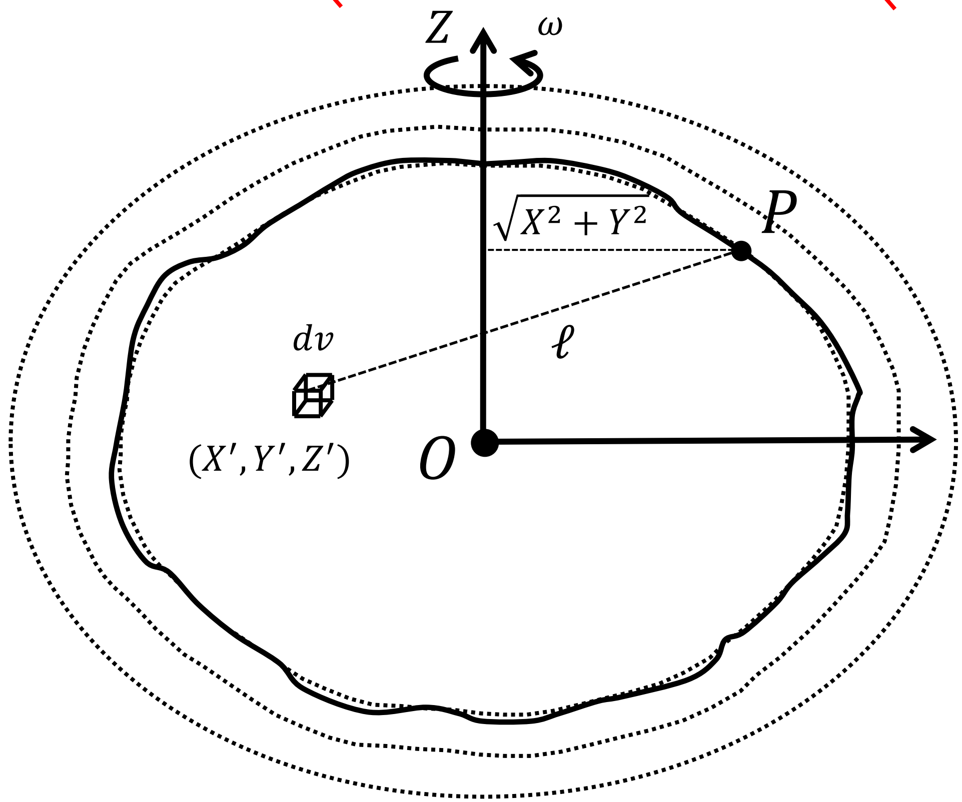
Vetor gravidade normal

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

Vetor gravidade

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





$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \nabla({\color{blue}V_P} - {\color{blue}U_P})$$

A distribuição de densidade $\tilde{\rho}$ é desconhecida!

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

Integrado no volume da Terra Normal

A distribuição de densidade ρ é desconhecida!

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

Integrado no volume da Terra

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

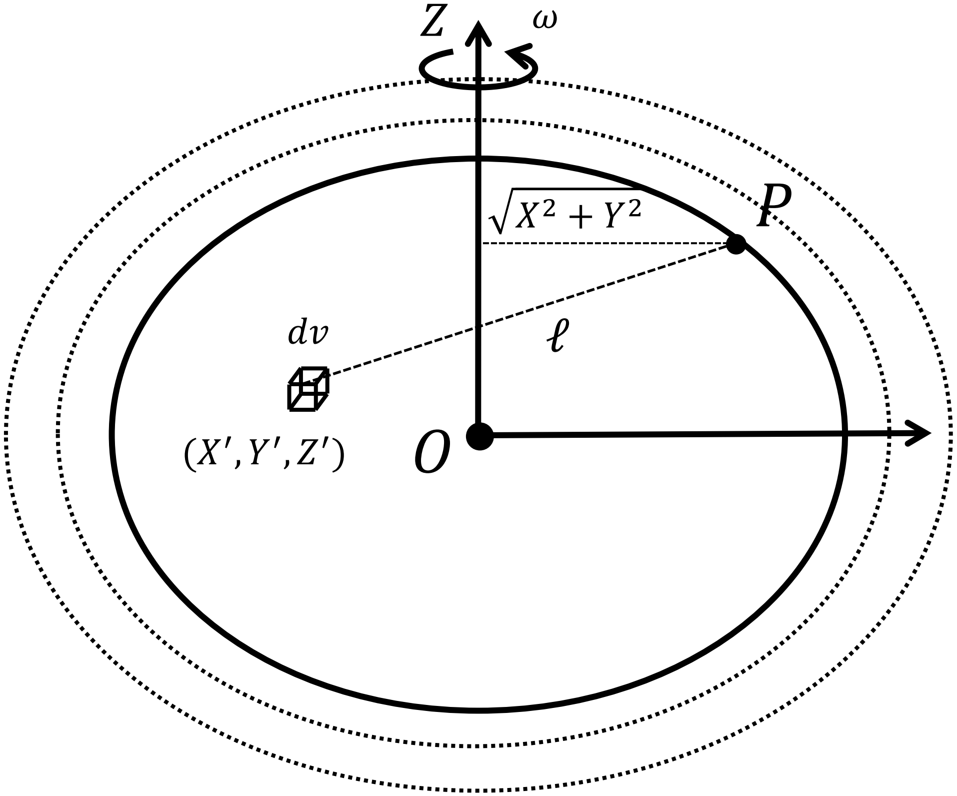
Vetor distúrbio de gravidade

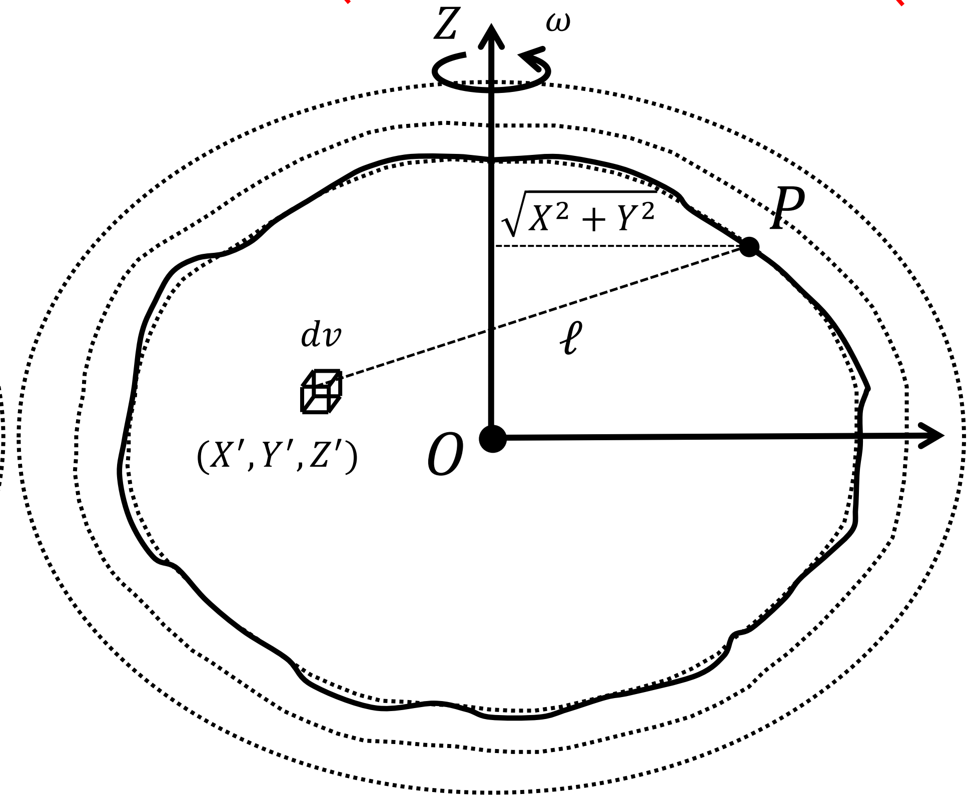
Vetor gravidade normal

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$





$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \nabla(V_P - U_P)$$

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

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

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

Considere que ρ se anula fora do volume da Terra

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

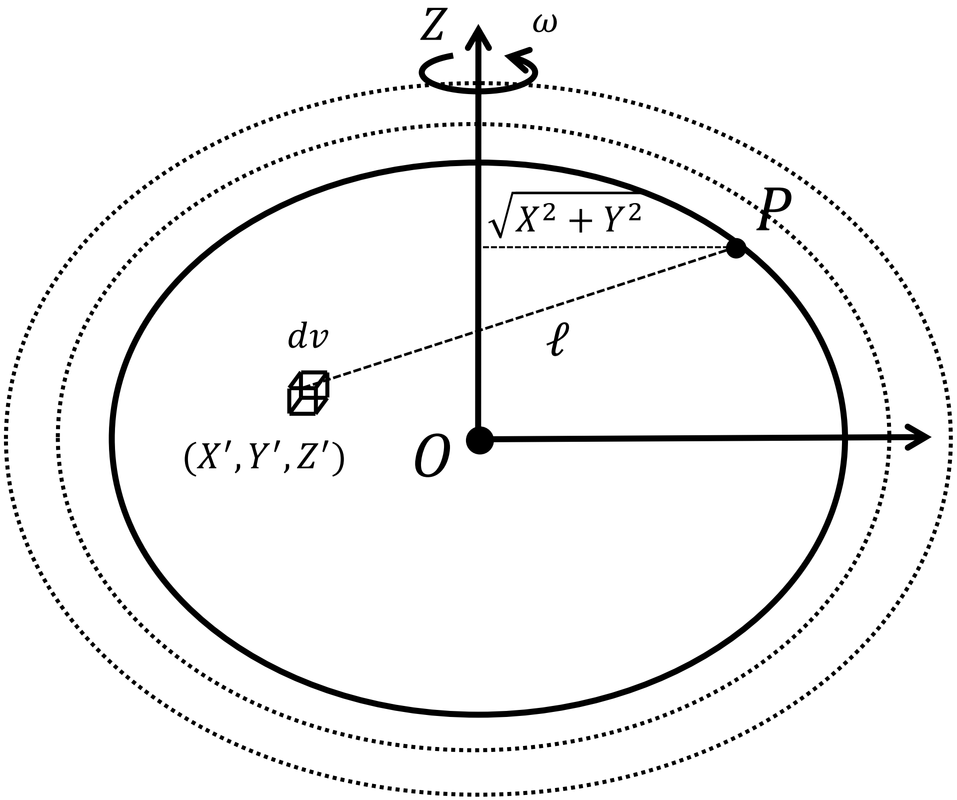
Vetor distúrbio de gravidade

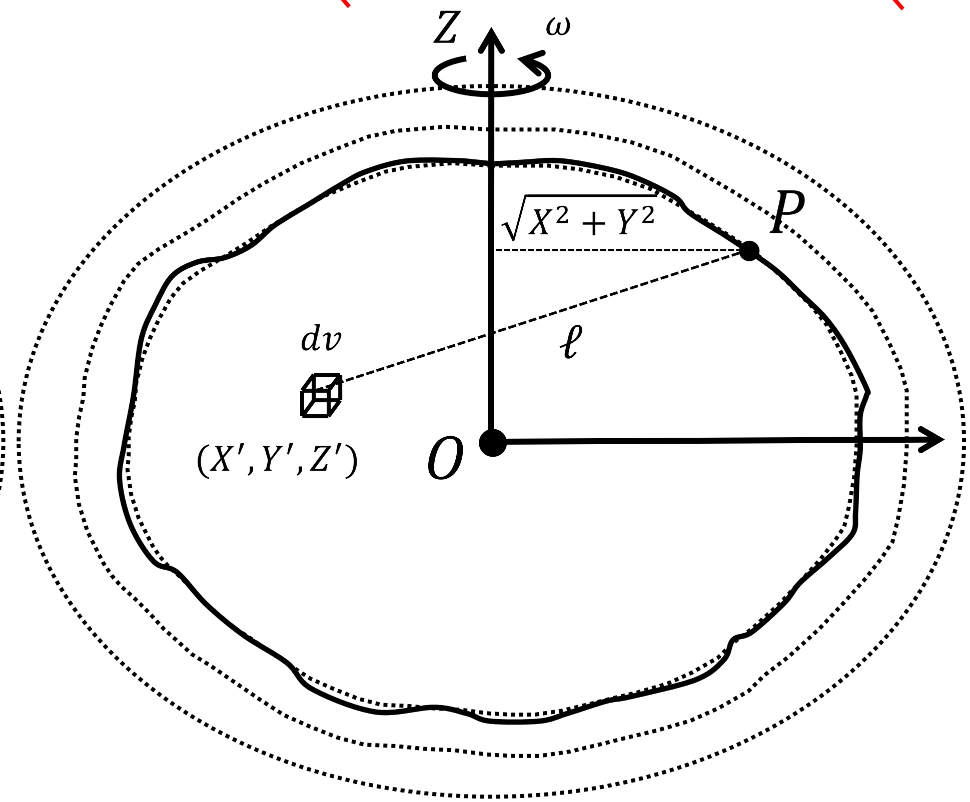
Vetor gravidade normal

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$





$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \nabla (V_P - U_P)$$

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

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

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

Considere que ρ se anula fora do volume da Terra

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

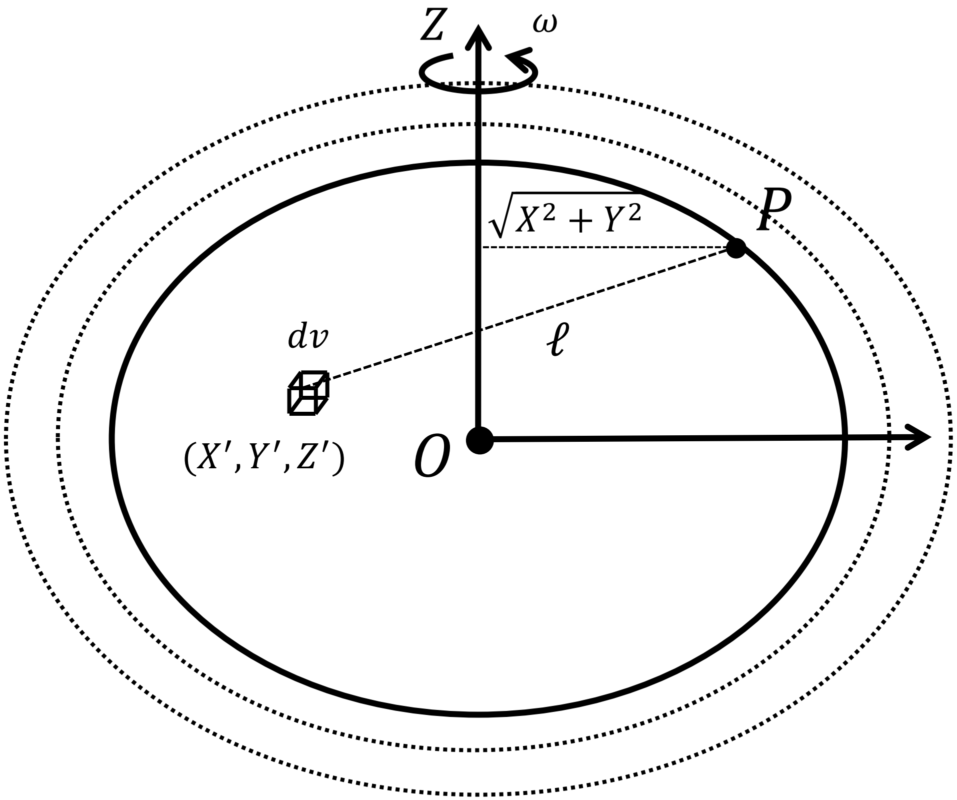
Vetor distúrbio de gravidade

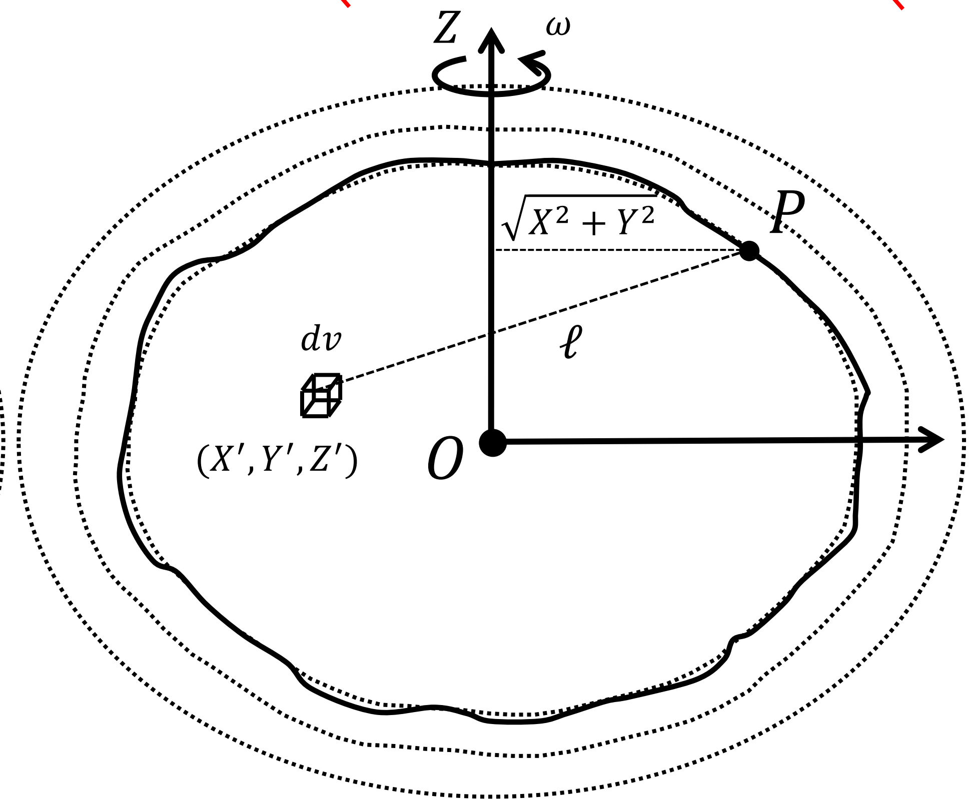
Vetor gravidade normal

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$





$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \nabla(V_P - U_P)$$

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

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

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

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

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

Considere que ρ se anula fora do volume da Terra

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

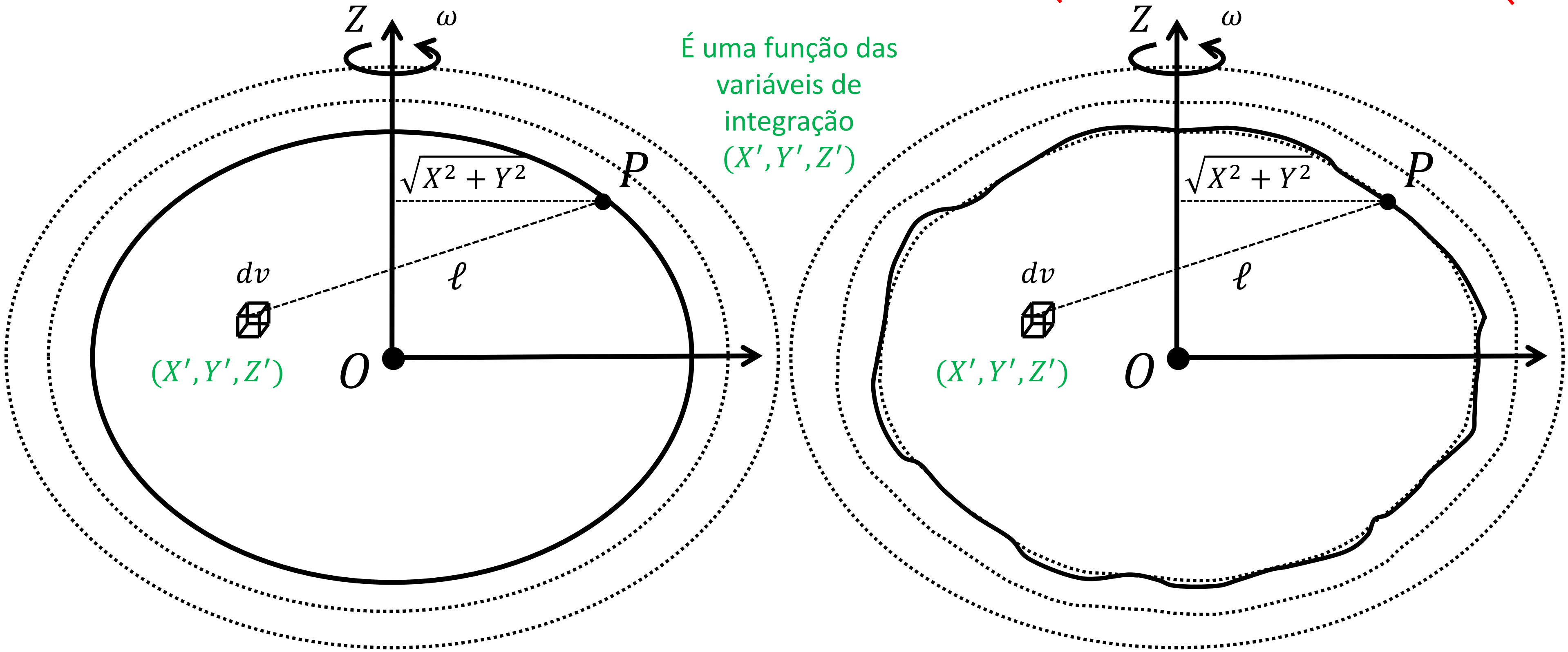
Vetor distúrbio de gravidade

Vetor gravidade normal

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P$$
$$= \nabla U_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P$$
$$= \nabla V_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$



$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \nabla(V_P - U_P)$$

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

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

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

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

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

Considere que ρ se anula fora do volume da Terra

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

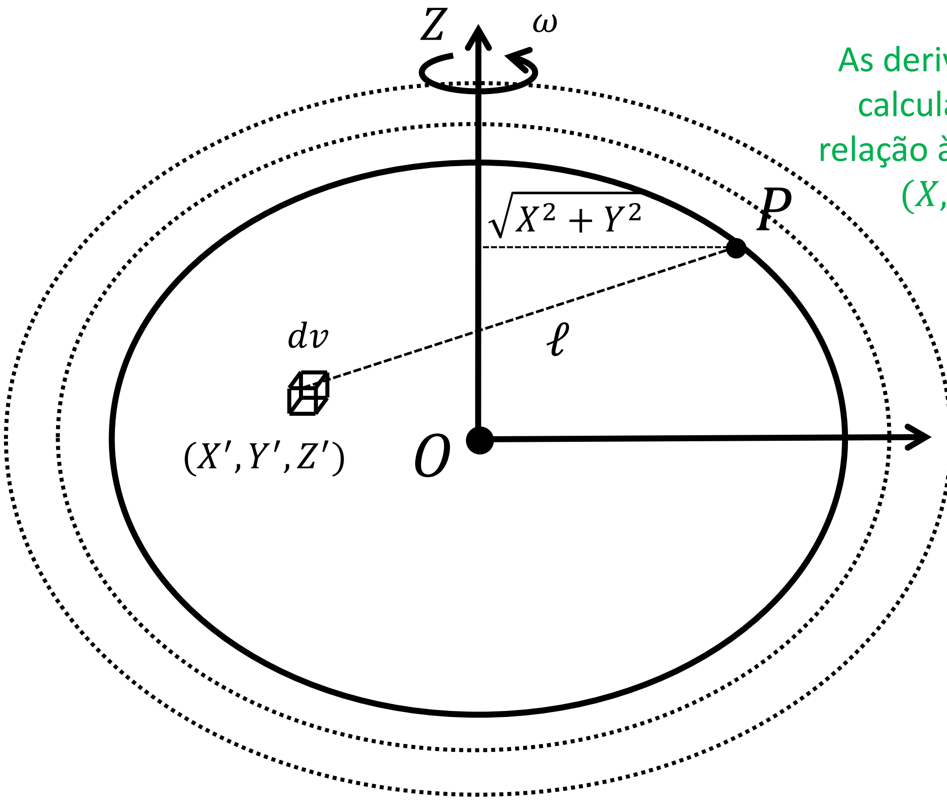
Vetor distúrbio de gravidade

Vetor gravidade normal

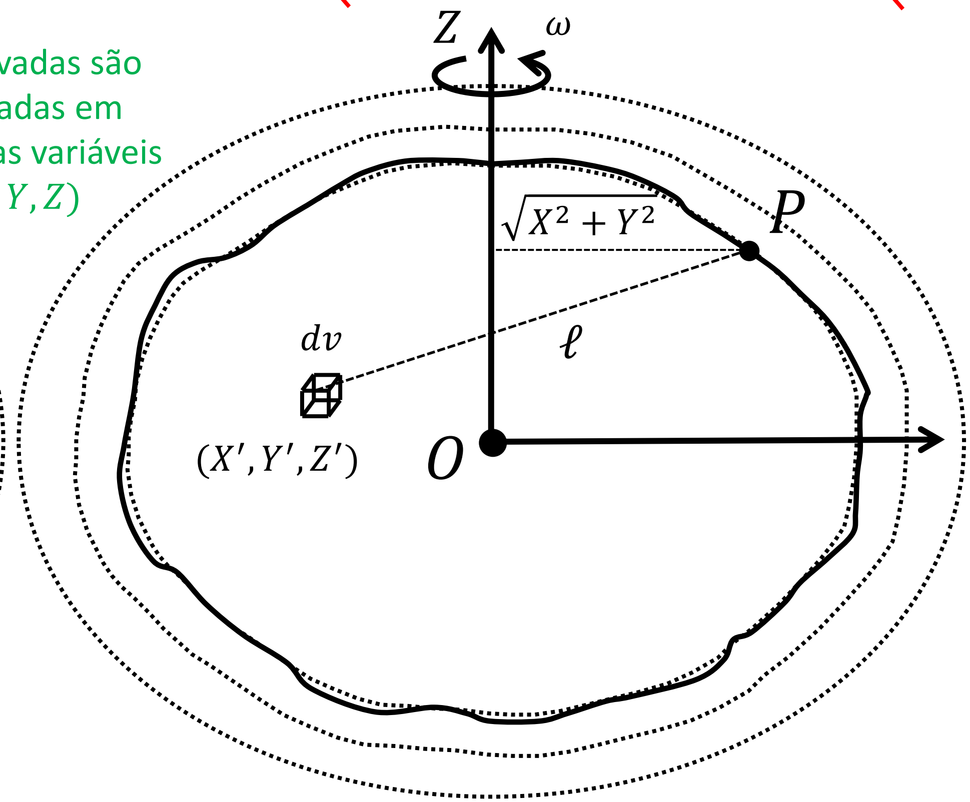
$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$



As derivadas são calculadas em relação às variáveis (X, Y, Z)



$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \nabla(V_P - U_P)$$

$$\ell = \sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2 + (Z - Z')^2}$$

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

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

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

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

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

Considere que ρ se anula fora do volume da Terra

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

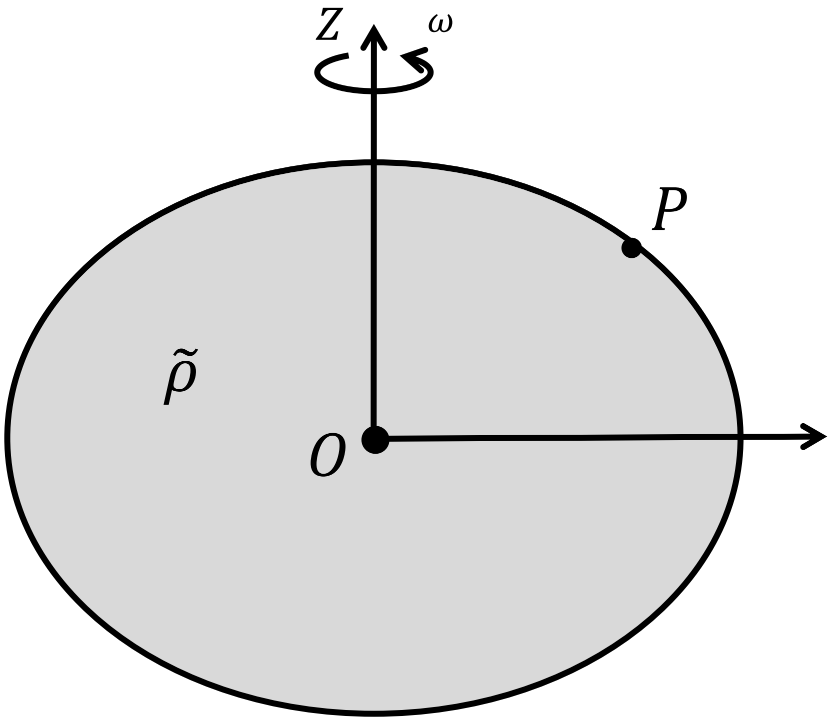
Vetor distúrbio de gravidade

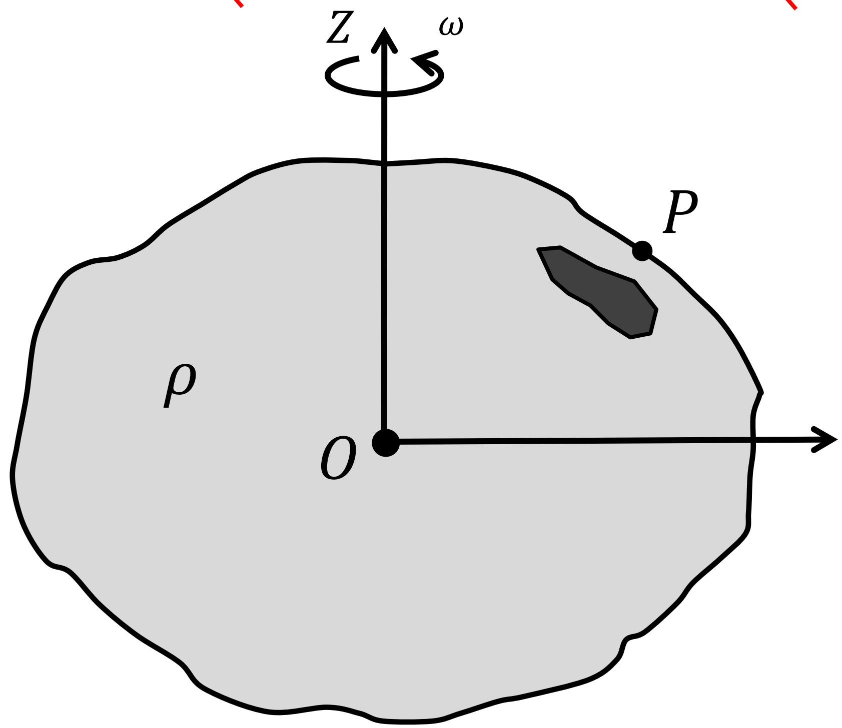
Vetor gravidade normal

$$\boldsymbol{\gamma}_P = \nabla \widetilde{W}_P = \nabla U_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$

Vetor gravidade

$$\mathbf{g}_P = \nabla W_P = \nabla V_P + \cancel{\nabla \Phi_P}$$





$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \nabla(V_P - U_P)$$

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

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

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

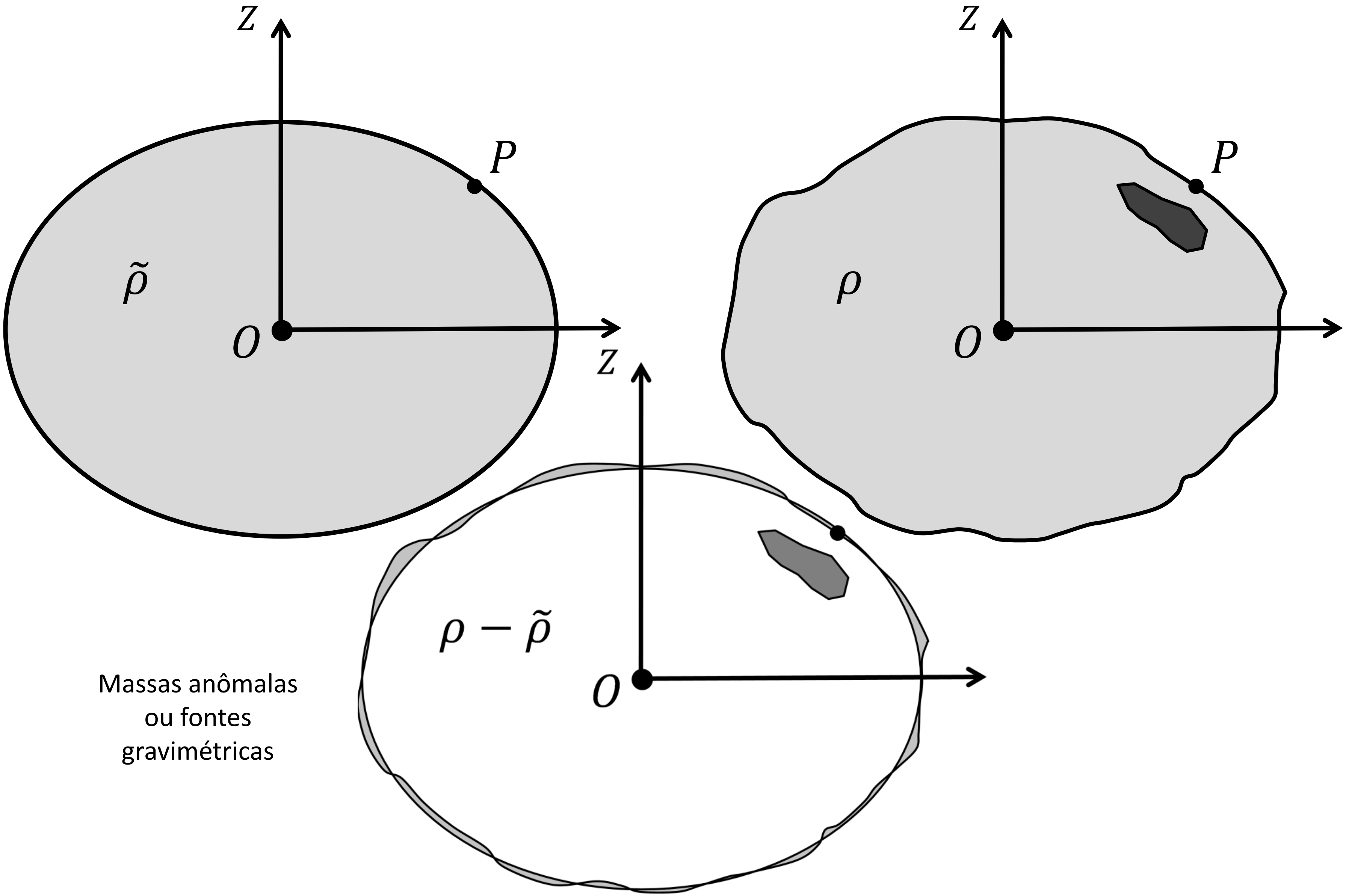
Representa a atração gravitacional exercida pelas **massas anômalas** ou **fontes gravimétricas**!

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

Considere que ρ se anula fora do volume da Terra

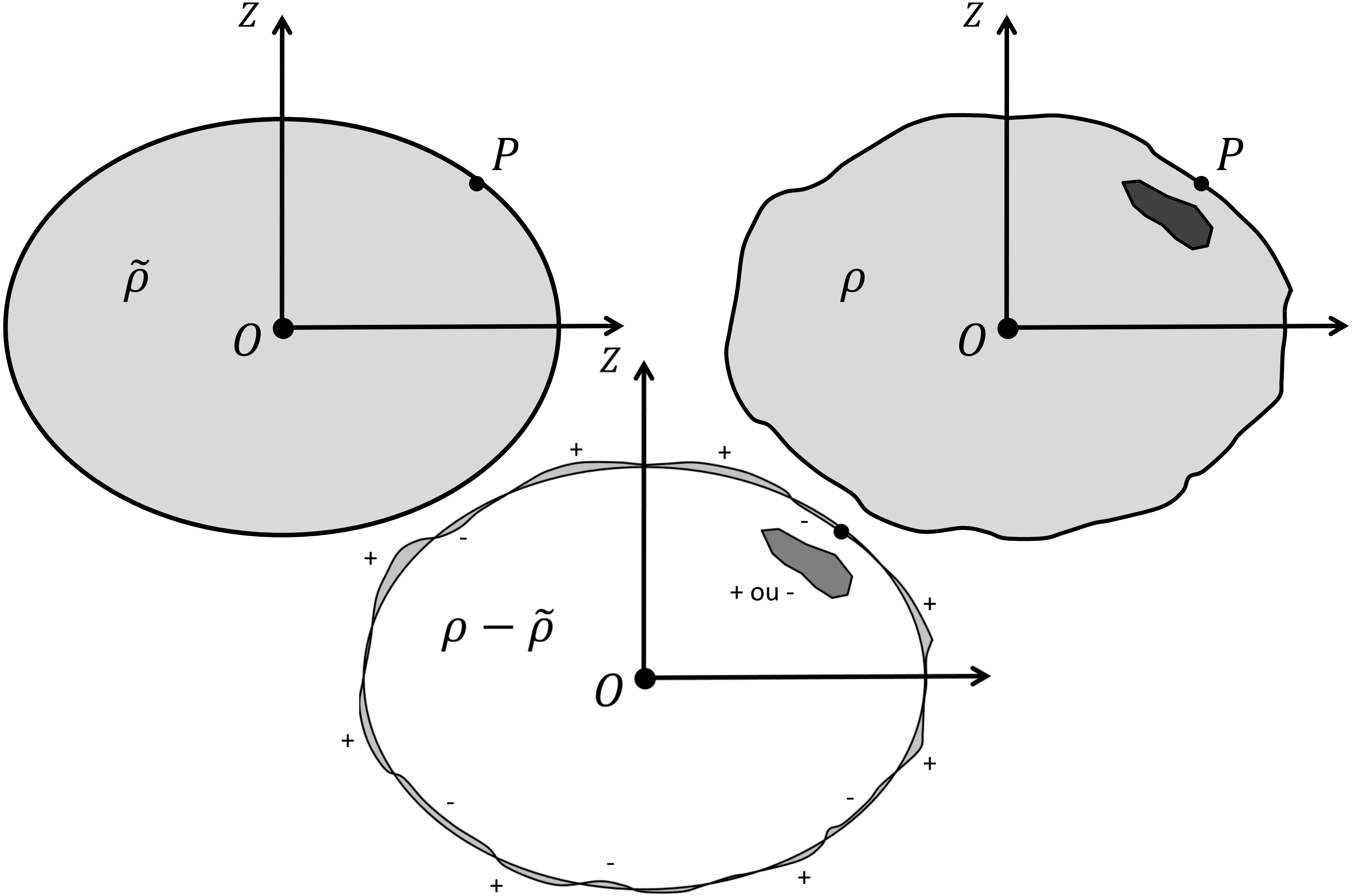
$$\boldsymbol{\delta}\mathbf{g}_P = \mathbf{g}_P - \boldsymbol{\gamma}_P$$

Vetor distúrbio de gravidade



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

Vetor distúrbio de gravidade



Referências

- Baumann, H., E. Klingelé, and I. Marson, 2012, Absolute airborne gravimetry: a feasibility study: Geophysical Prospecting, 60, 361-372. DOI: 10.1111/j.1365-2478.2011.00987.x.
- Blakely, R. J., 1996, Potential theory in gravity and magnetic applications: Cambridge University Press.
- Fairhead, J. D., C. M. Green, e D. Blitzkow, 2003, The use of gps in gravity surveys: The Leading Edge, 22, 954-959. DOI: 10.1190/1.1623636.
- Glennie, C. L., K. P. Schwarz, A. M. Bruton, R. Forsberg, A. V. Olesen, e K. Keller, 2000, A comparison of stable platform and strapdown airborne gravity: Journal of Geodesy, 74, 383-389. DOI: 10.1007/s001900000082.
- Hackney, R. I., e W. E. Featherstone, 2003, Geodetic versus geophysical perspectives of the gravity anomaly: Geophysical Journal International, 154, 35-43. DOI: 10.1046/j.1365-246X.2003.01941.x.
- Hofmann-Wellenhof, B. e H. Moritz, 2005, Physical Geodesy. Springer.
- Li, X., e H. J. Götze, 2001, Ellipsoid, geoid, gravity, geodesy, and geophysics: Geophysics, 66, 1660-1668. DOI: 10.1190/1.1487109.
- Nabighian, M. N., M. E. Ander, V. J. S. Grauch, R. O. Hansen, T. R. LaFehr, Y. Li, W. C. Pearson, J. W. Peirce, J. D. Phillips e M. E. Ruder, 2005, 75th Anniversary - Historical development of the gravity method in exploration. Geophysics, 70(6), p. 63ND–89ND. DOI: 10.1190/1.2133785.
- Symon, K. R., 1971, Mechanics: Addison-Wesley; 3rd edition, ISBN-13: 978-0201073928.
- Vanícek, P., e E. J. Krakiwsky, 1987, Geodesy: The concepts, second edition: Elsevier Science.