

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Transportes – PTR

Laboratório de Topografia e Geodésia – LTG

PTR 3511 – Navegação por GNSS



Superfícies de Referência

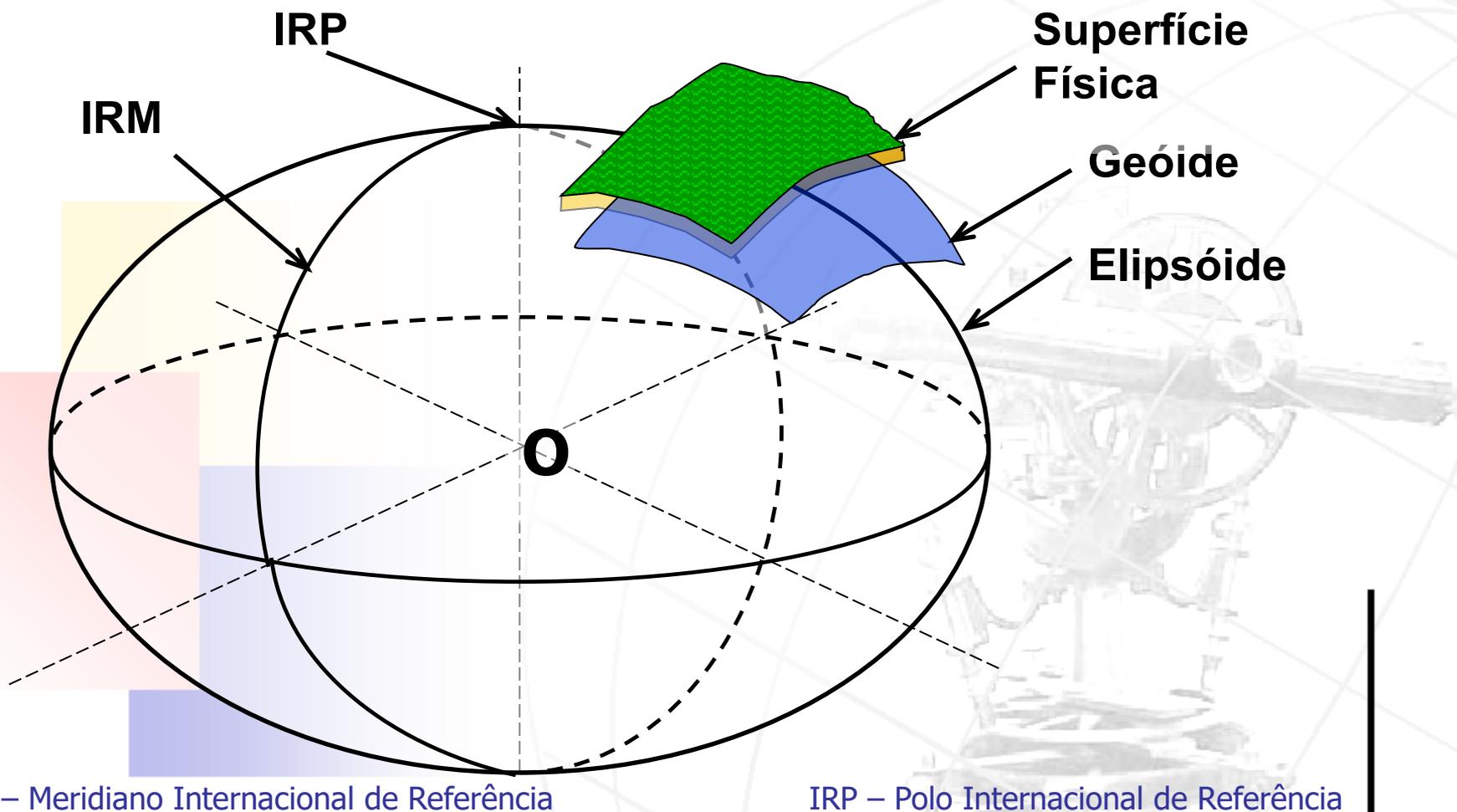


SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

- A superfície de referencia é de fundamental importância, tanto para o mapeamento quanto para as obras de engenharia;
- Assim, por uma questão de facilidade além da superfície física foram adotadas duas outras superfícies de referência (geóide e elisóide);
- Estas três superfícies facilitam a vida de quem está interessado em mapear uma determinada região ou construir sobre a superfície física.

SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

- Superfície física: limita o relevo topográfico
- Superfície geoidal: limita o geóide.
- Superfície elipsoidal: limita o elipsóide de referência.

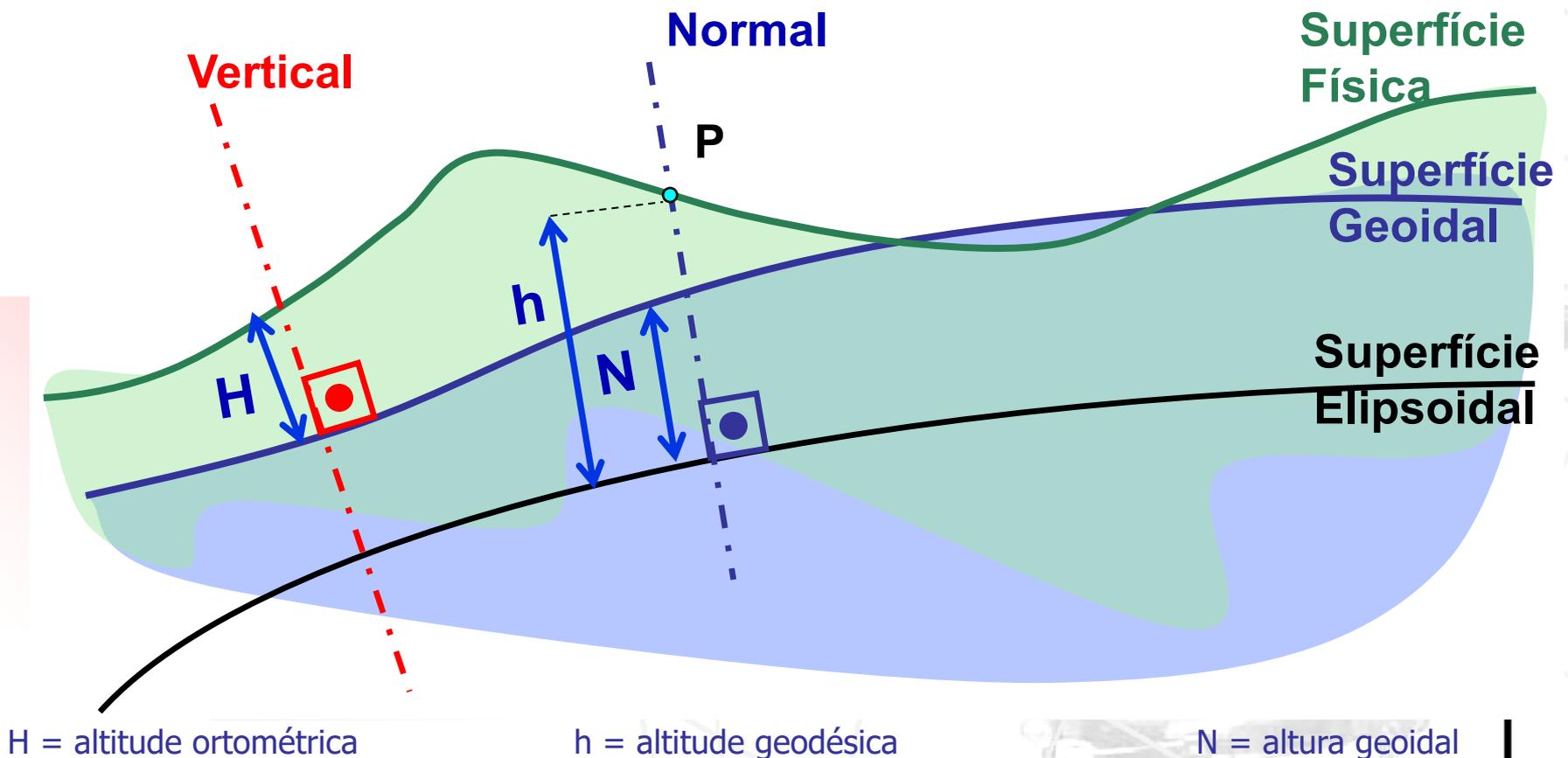


IRM – Meridiano Internacional de Referência

IRP – Polo Internacional de Referência

SEPARAÇÃO ENTRE SUPERFÍCIES

- Superfícies de referência, Vertical e Normal



SEPARAÇÃO ENTRE AS SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

- ALTITUDE ORTOMÉTRICA (H)
 - distância entre a superfície geoidal e a superfície física medida ao longo da vertical.
- ALTURA GEOIDAL (N)
 - distância entre a superfície elipsoidal e a geoidal medida ao longo da normal.
- ALTITUDE GEODÉSICA OU GEOMÉTRICA (h)
 - distância entre a superfície elipsoidal e o ponto espacial P, medida ao longo da normal.

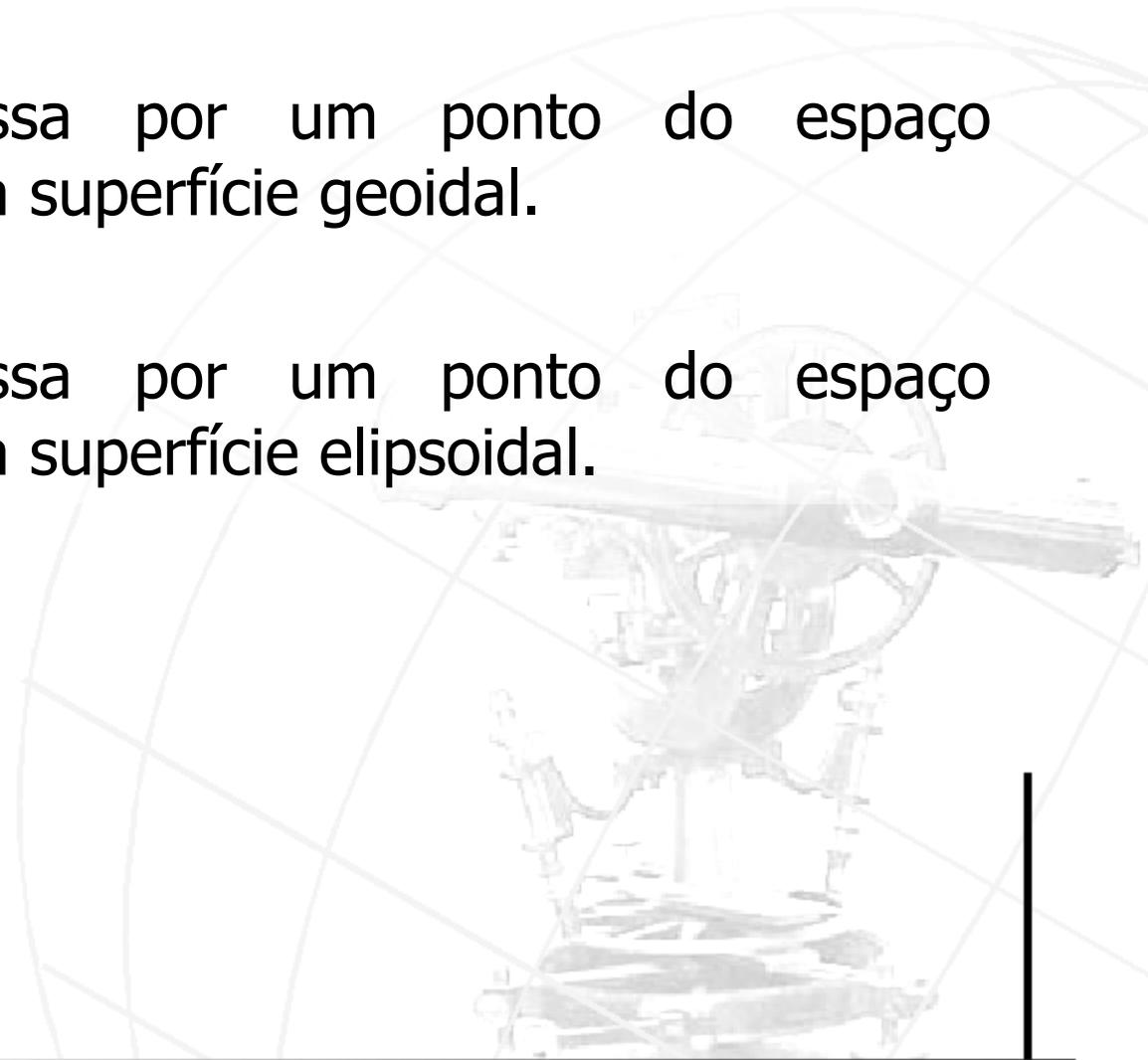
DIREÇÕES NO GEÓIDE E NO ELIPSÓIDE

- VERTICAL

- reta que passa por um ponto do espaço perpendicular à superfície geoidal.

- NORMAL

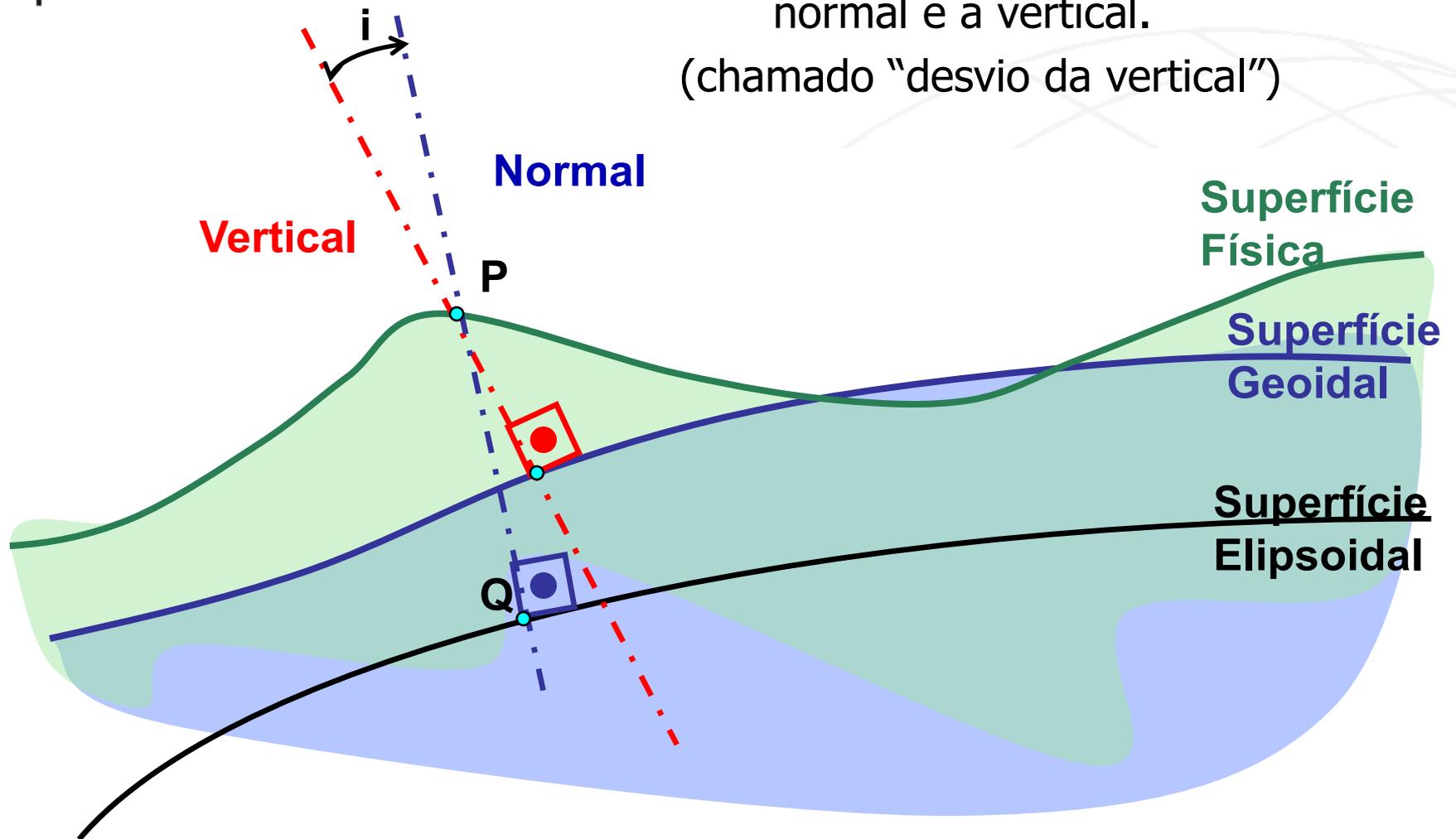
- reta que passa por um ponto do espaço perpendicular à superfície elipsoidal.



DESVIO DA VERTICAL

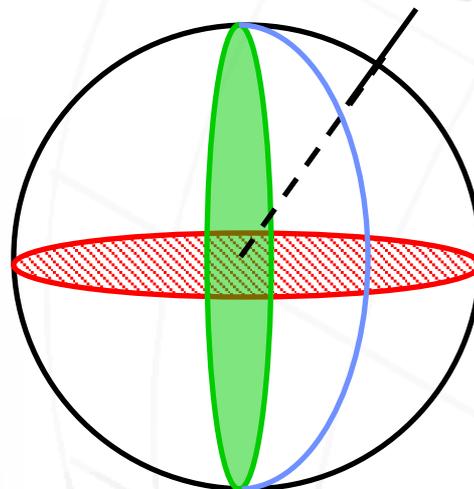
i : desvio angular entre a normal e a vertical.

(chamado "desvio da vertical")



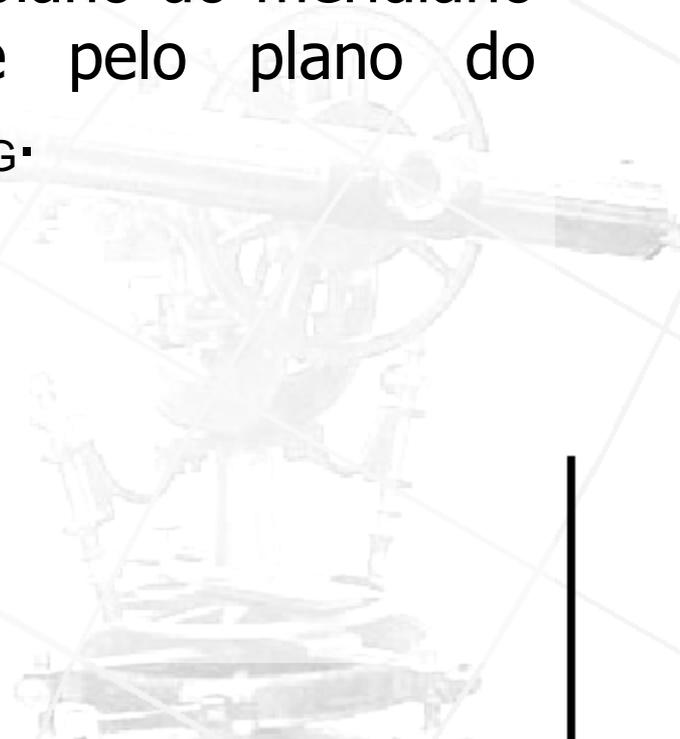
COORDENADAS ASTRONÔMICAS

- LATITUDE ASTRONÔMICA
 - ângulo que a vertical forma com sua projeção sobre o **plano do equador**.
- LONGITUDE ASTRONÔMICA
 - ângulo diedro formado pelo **plano do meridiano astronômico de Greenwich** e pelo **plano do meridiano astronômico local**.



COORDENADAS GEODÉSICAS

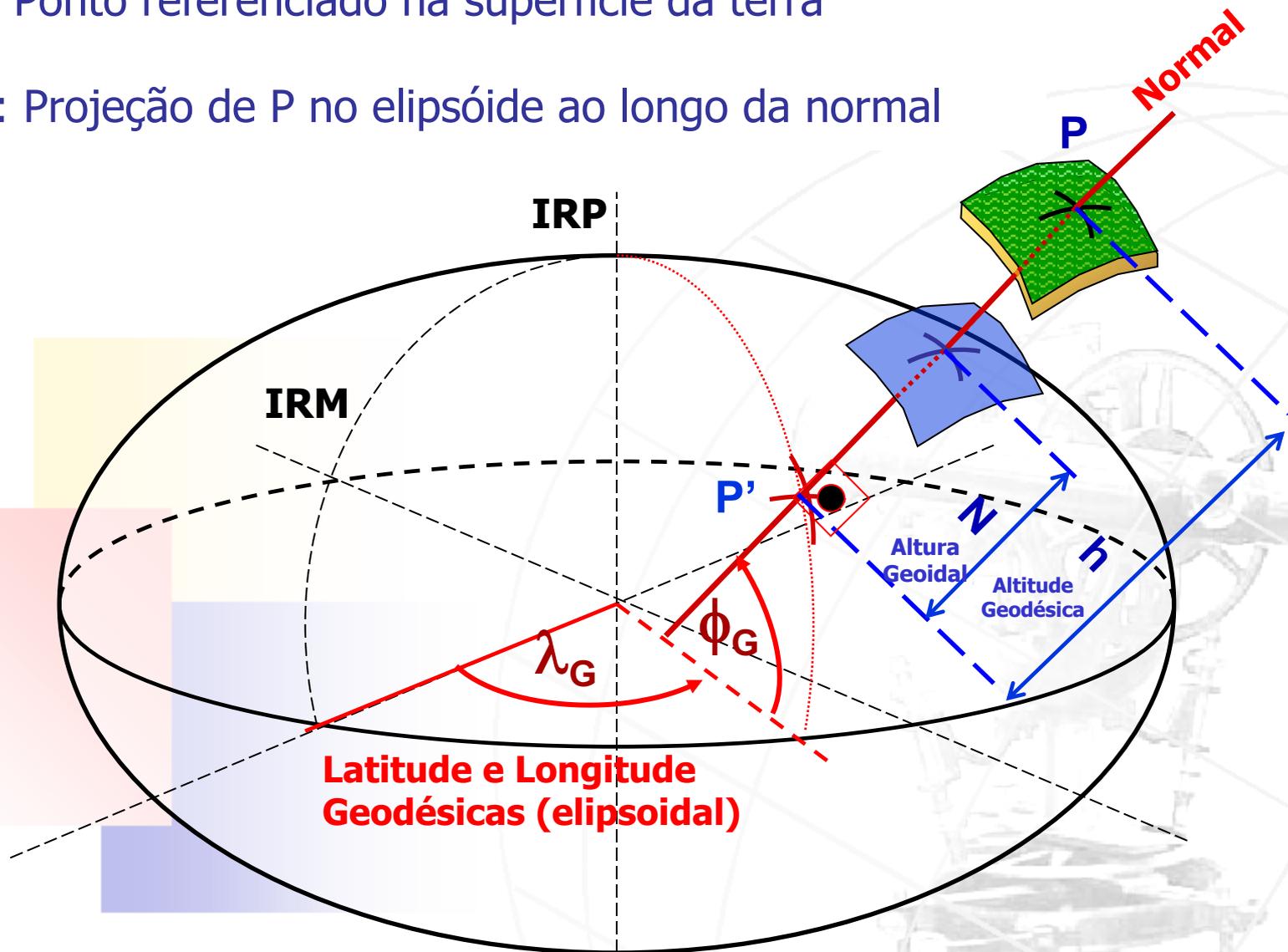
- LATITUDE GEODÉSICA OU ELIPSÓIDICA
 - ângulo que a normal forma com sua projeção sobre o plano do equador - ϕ_G .
- LONGITUDE GEODÉSICA OU ELIPSÓIDICA
 - ângulo diedro formado pelo plano do meridiano geodésico de referência e pelo plano do meridiano geodésico local - λ_G .



COORDENADAS GEODÉSICAS

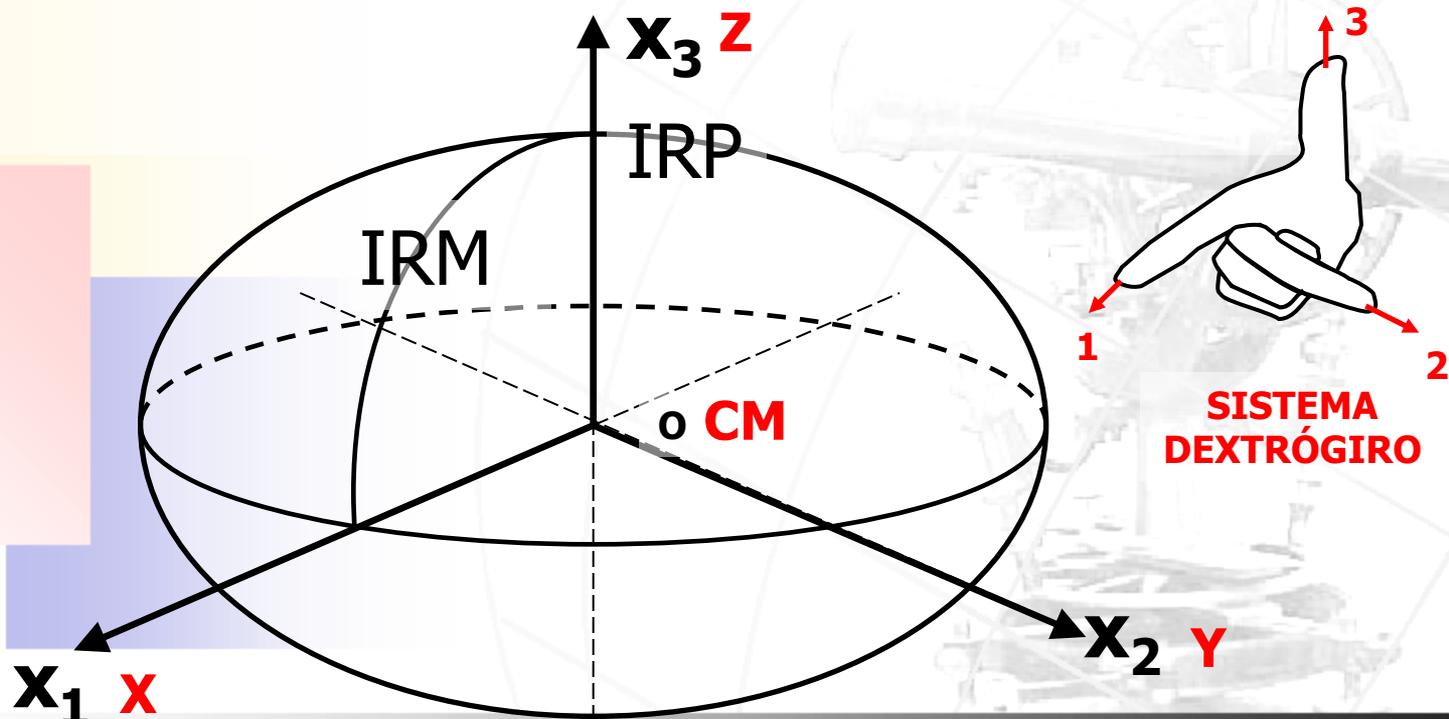
P: Ponto referenciado na superfície da terra

P': Projeção de P no elipsóide ao longo da normal



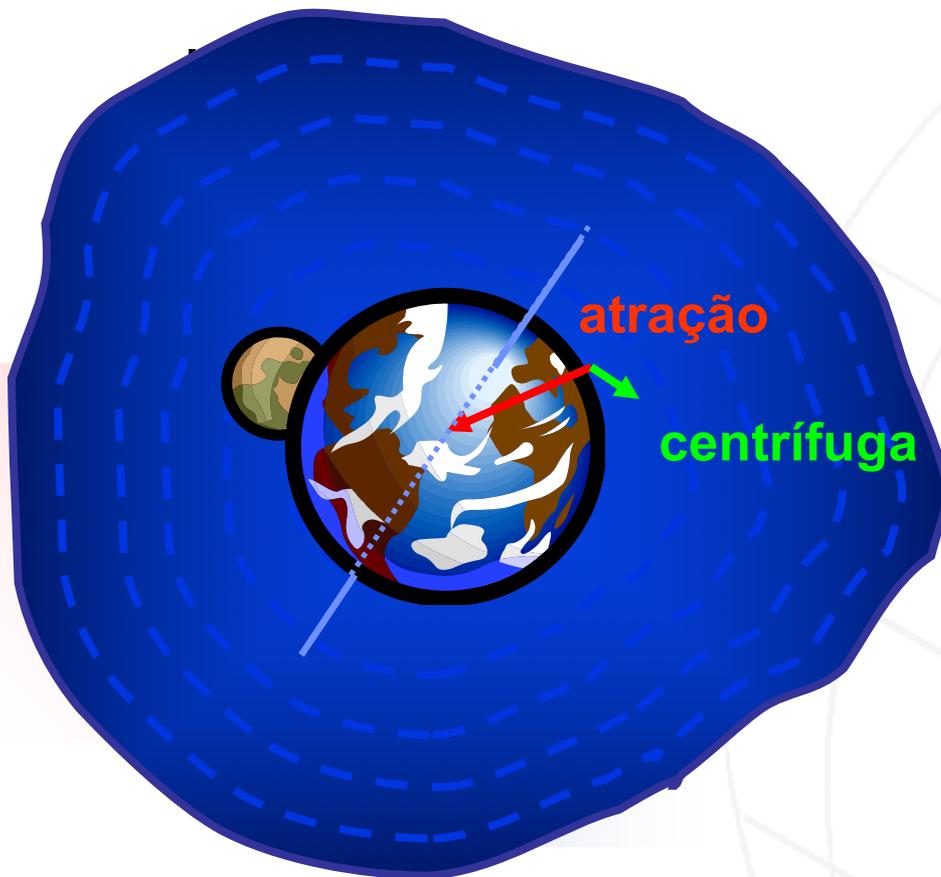
SISTEMA DE REFERÊNCIA TERRESTRE

- Sistema cartesiano de referência terrestre
 - Origem: centro de massa da Terra
 - O eixo X é orientado na direção do IRM
 - O eixo Z é orientado na direção do IRP
 - O eixo Y a 90° de OX completando um sistema dextrógiro (orientado pela "regra da mão direita")



A FORMA DA TERRA – FORÇAS PERTINENTES

Um objeto **sobre ou próximo** da superfície da Terra está sujeito, entre outras, a duas forças: atração (ou gravitacional) e centrífuga. A resultante **das duas** é a **força de gravidade**.



Campo gravitacional é o conjunto de pontos do espaço sujeito à força gravitacional.

Campo de gravidade é o conjunto de pontos do espaço sujeito à força de gravidade.

SISTEMA GEODÉSICO

Anteriormente à Era Espacial, o sistema geodésico de referência era estabelecido através de observações astronômicas, das redes de triangulação ou, com menos rigor, das poligonais eletrônicas, conduzidas a partir de um ponto origem e da adoção de um elipsóide. Era o chamado Datum Geodésico.

- **Datum Geodésico Horizontal (DGH) adota:**
 - Elipsóide de referência: fixação e orientação no espaço.
 - Ponto origem: **com a atribuição** de coordenadas geodésicas, altura geoidal e um azimute de partida.
 - **Sistema Geodésico definido:** define-se o sistema geodésico através da escolha do DGH.
- **Sistema Geodésico materializado:** Os marcos de referência e respectivas coordenadas definem sua materialização.

SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

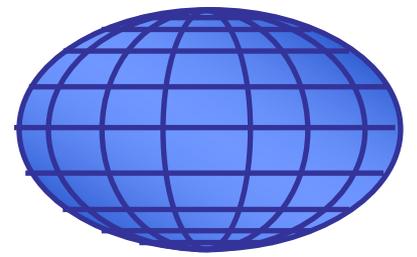
Data (**plural de datum**) utilizados no Brasil:

- **Até 1979**
 - **Origem: Córrego Alegre**
 - **Elipsóide: Hayford (internacional)**
 - **a(semi-eixo maior) = 6.378.388 m**
 - **$e^2 = 0,00672267$**
 - **achatamento: $1/f = 1/297$**

- **Após 1979**
 - **Origem: Chuá SAD-69**
 - **Elipsóide: GRS 1967 (UGGI67).**
 - **a = 6 378 160 m**
 - **$e^2 = 0,0066946053$**
 - **achatamento: $1/f = 1/298,25$**

- **Desde 25/02/2005 o Brasil adota:**
 - **SIRGAS 2000 (materialização- 2000) – época 2000,4**
 - **Elipsóide GRS 80**
 - **a = 6 378 137 m**
 - **achatamento = $1/f = 1/298,25722101$**

Obsevação:
O mapeamento de São Paulo e de diversas áreas do Brasil continua referido ao Córrego Alegre.



DIFERENTES ELIPSOIDES ADOTADOS NO BRASIL

Denominação usual	a (m)	α
Córrego Alegre	6.378.388	1/297
SAD-69	6.378.160	1/298,25
WGS-84	6.378.137	1/298,27
SIRGAS 2000	6.378.137	1/298,25722
Modelo Geopotencial	6.378.136,59	1/298,25722