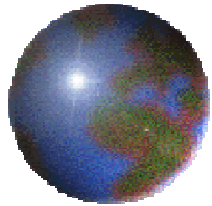


A light blue world map with a grid of latitude and longitude lines, serving as a background for the header text.

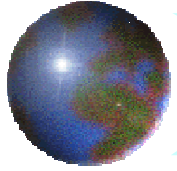
Universidade Federal do Paraná

Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura



GA119 - MÉTODOS GEODÉSICOS

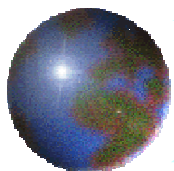
Profa. Regiane Dalazoana



2 – Aspectos Clássicos e atuais da Geodésia

2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

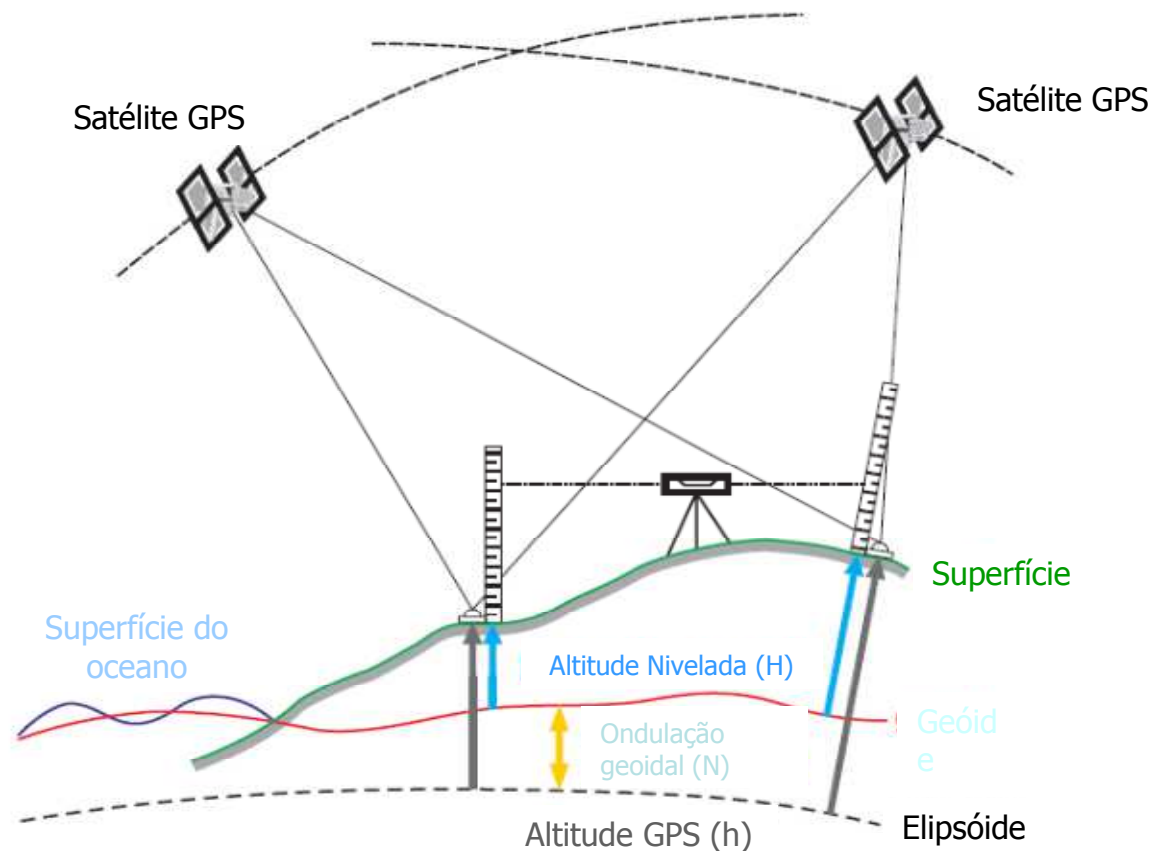
- 2.3.1 – Altitude elipsoidal e ortométrica;
- 2.3.2 – Datum altimétrico;
- 2.3.3 – Nivelamento geométrico; aspectos instrumentais e correções;
- 2.3.4 – Redes de altitudes ortométricas;
- 2.3.5 – Sistemas de Altitudes;
- 2.3.6 – Concepção atual de Redes Geodésicas Verticais; Sistema Global de Altitudes;
- 2.3.7 – Ajustamento de redes de nivelamento;

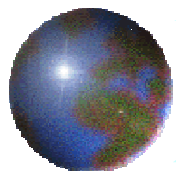


2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.1 – Altitude elipsoidal e ortométrica

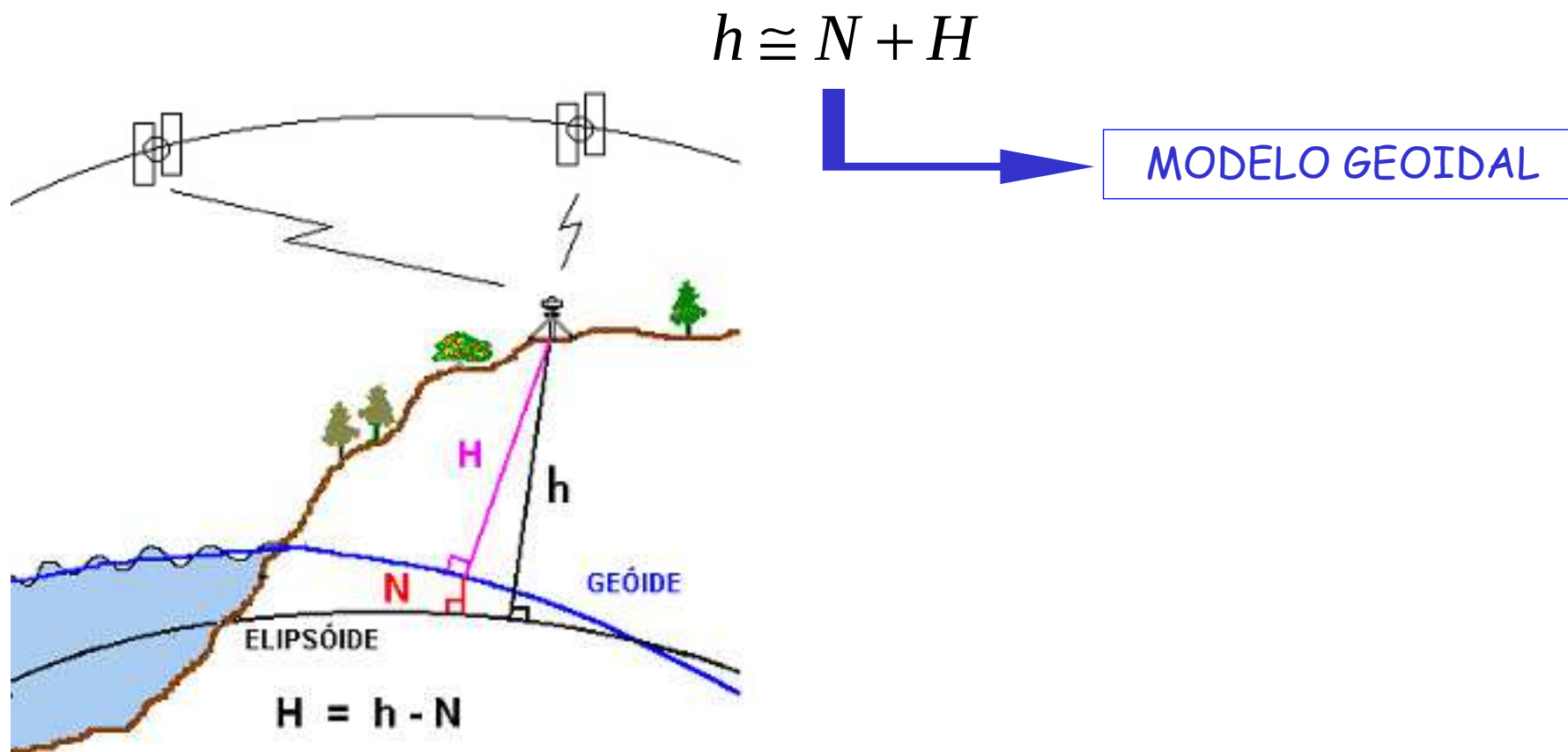
- ALTITUDE: distância de um ponto sobre a S.F. contada sobre a vertical ou normal até a superfície de referência, geóide ou elipsóide





2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

Relacionamento entre a altitude elipsoidal (geométrica) e a altitude ortométrica:

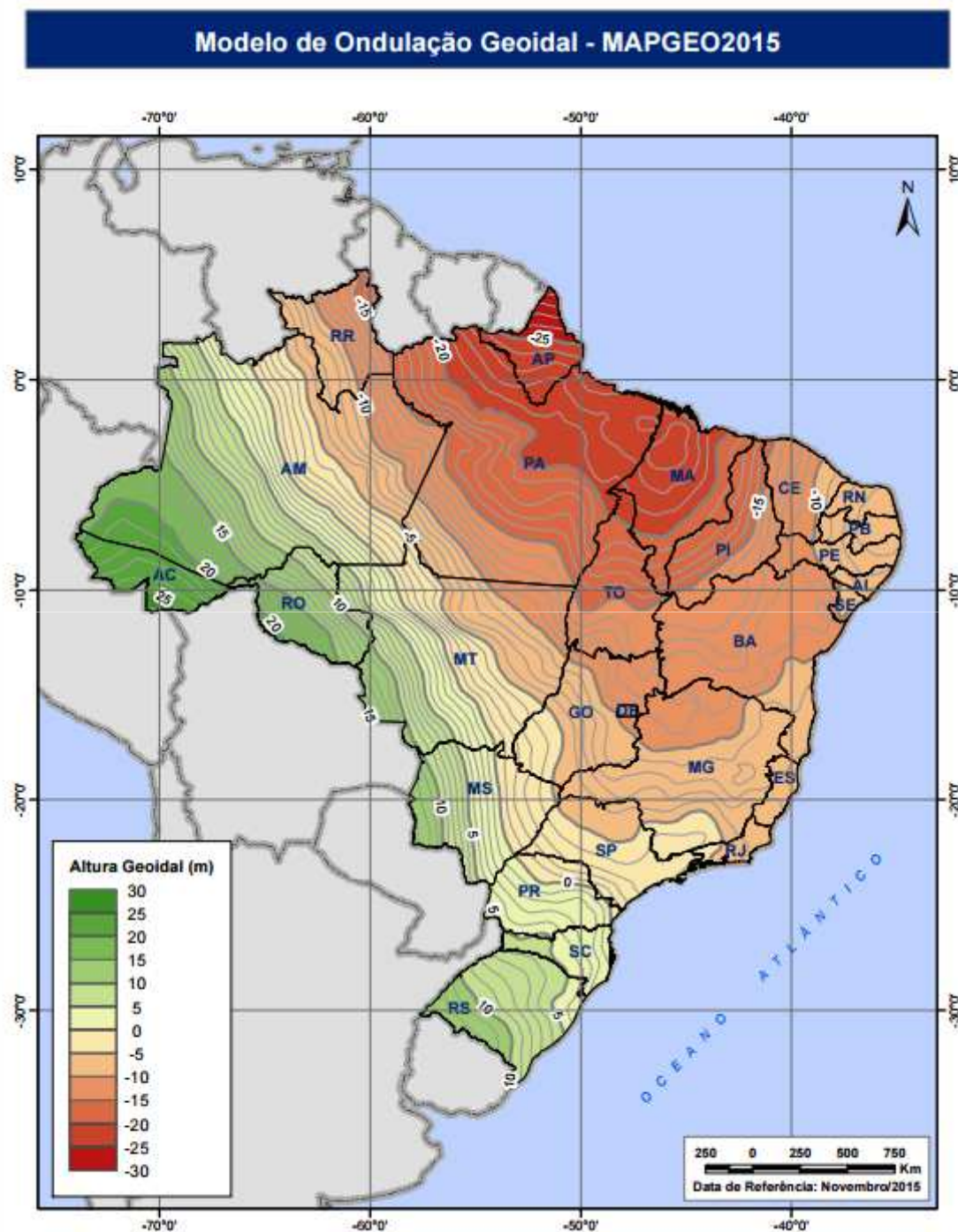


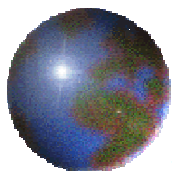


MODELO GEOIDAL

MAPGEO 2015

Crédito: IBGE





Discrepâncias entre o MAPGEO2015 e os pontos de conexão GNSS x RN

IBGE - MAPGEO2015 - Versão 1.0

Entradas Ilustrações Ajuda

SISTEMA DE INTERPOLAÇÃO DE ONDULAÇÃO GEODAL (SIRGAS2000)

☐ ENTRADA VIA TECLADO

ID do Ponto

Latitude

Longitude -

Ondulação Geoidal

☐ ENTRADA VIA ARQUIVO

Formato Arquivo Entrada

☐ ID do Ponto

☐ Lat Lon (Grau Decimal)

☐ Lon Lat (Grau Decimal)

☐ Lat Lon (GMS)

☐ Lon Lat (GMS)

Formato Arquivo Saída

☐ ID do Ponto

☐ Coordenadas de Entrada

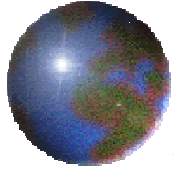
☒ Ondulação Geoidal

Arquivo de entrada

Arquivo de saída



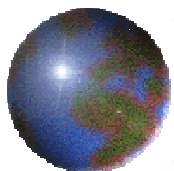
Crédito: IBGE



2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

ALTITUDE

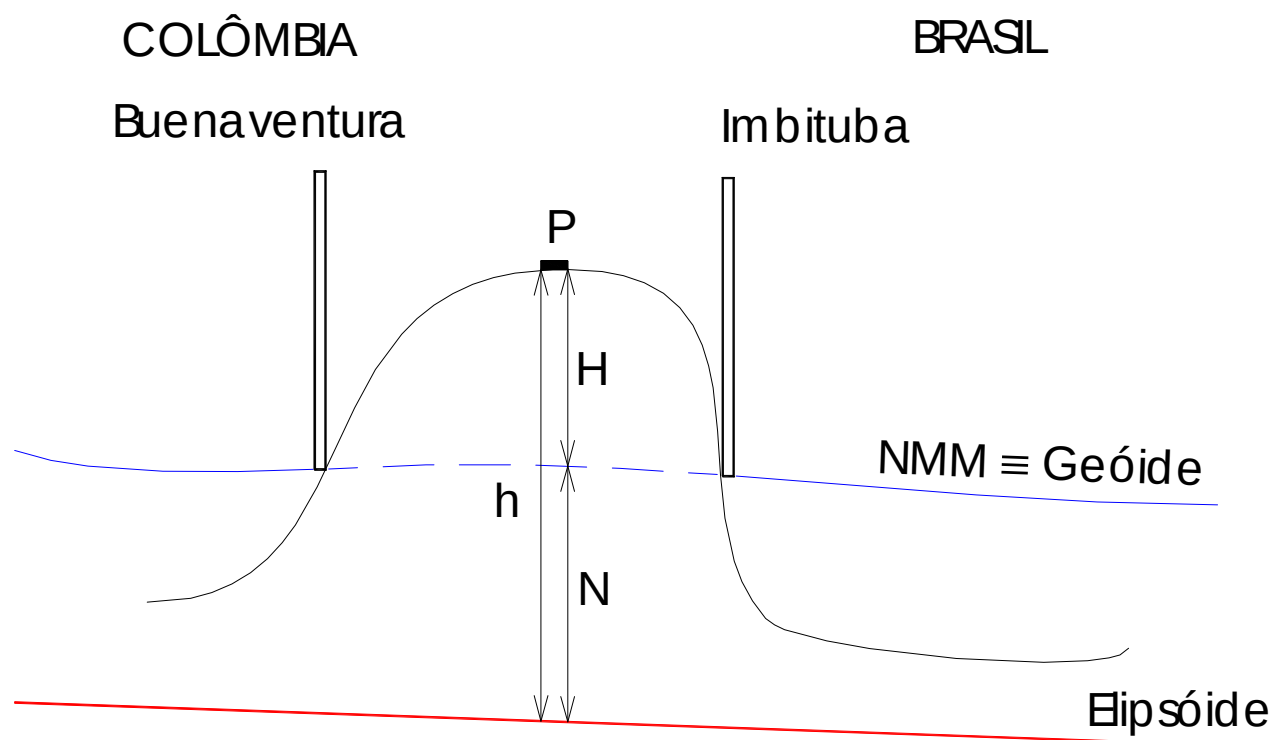
- Coordenada geodésica de maior consumo
- Mais precisamente determinada quando consideramos as redes geodésicas de apoio fundamental
- Altitude com sentido prático é aquela determinada por operações de nivelamento vinculadas ao campo da gravidade da Terra
- O conceito de desnível associado ao posicionamento vertical, deve estar vinculado a noção física. Este é o desnível que interessa na concepção de obras como barragens, dutos, canais, etc.

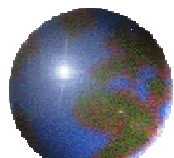


2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.2 – Datum altimétrico – Visão Clássica

- Estabelecido pelo NMM durante um período de tempo, num determinado local
- NMM coincidente com o geóide





2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

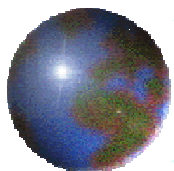


Realização entre 1940 e 1950

Conexão entre redes

$\neq S$

Nivelamento
+
Nível de
referência NMM

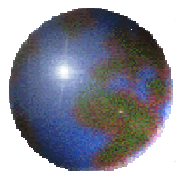


2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.2 – Datum altimétrico - Visão Clássica

DATUM DE TORRES

- Definido pelo nível médio do mar entre 1919 e 1920 na cidade de Torres (RS)
- Referência adotada temporariamente em 1948, para que fossem calculados valores aceitáveis das altitudes das RN, enquanto um Datum Vertical não fosse adequadamente definido
- A partir de 1949, o IAGS (Inter-American Geodetic Survey) iniciou a implantação de uma rede de estações maregráficas ao longo da costa brasileira. O IBGE utilizou as informações coletadas pela estação de Imbituba para definir o Datum Vertical do SGB



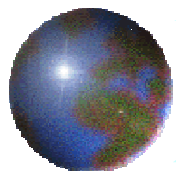
2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.2 – Datum altimétrico - Visão Clássica

DATUM DE IMBITUBA

- Em 1958, foi definido e adotado o Datum de Imbituba, através da média dos níveis médios do mar anuais, entre 1949 e 1957

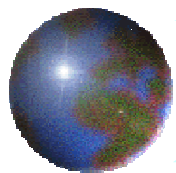
ANO	MÉDIA (m)
1949	2,2616
1950	2,2770
1951	2,2587
1952	2,2860
1953	2,2555
1954	2,3044
1955	2,2831
1956	2,2738
1957	2,2587
Valor Médio	2,2732



2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

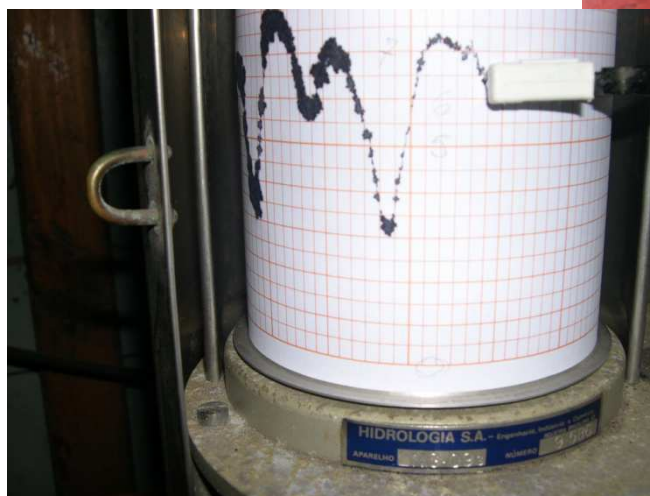
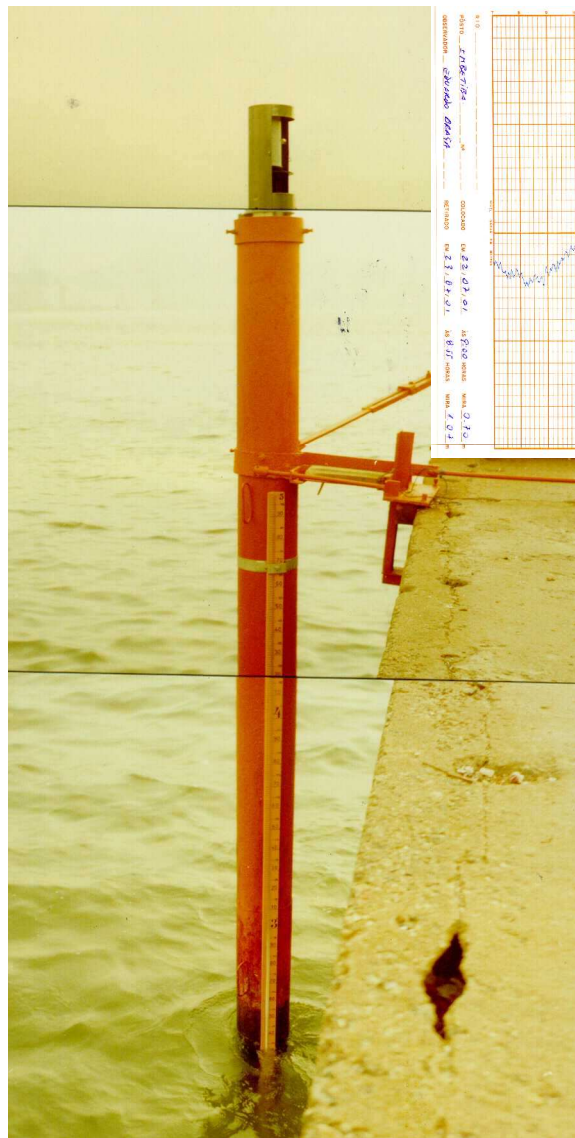
DATUM DE IMBITUBA

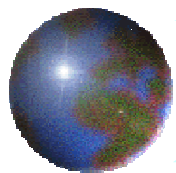




2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

Exemplo de observação do nível do mar - Marégrafo

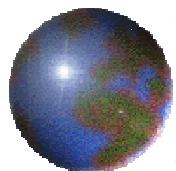




2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

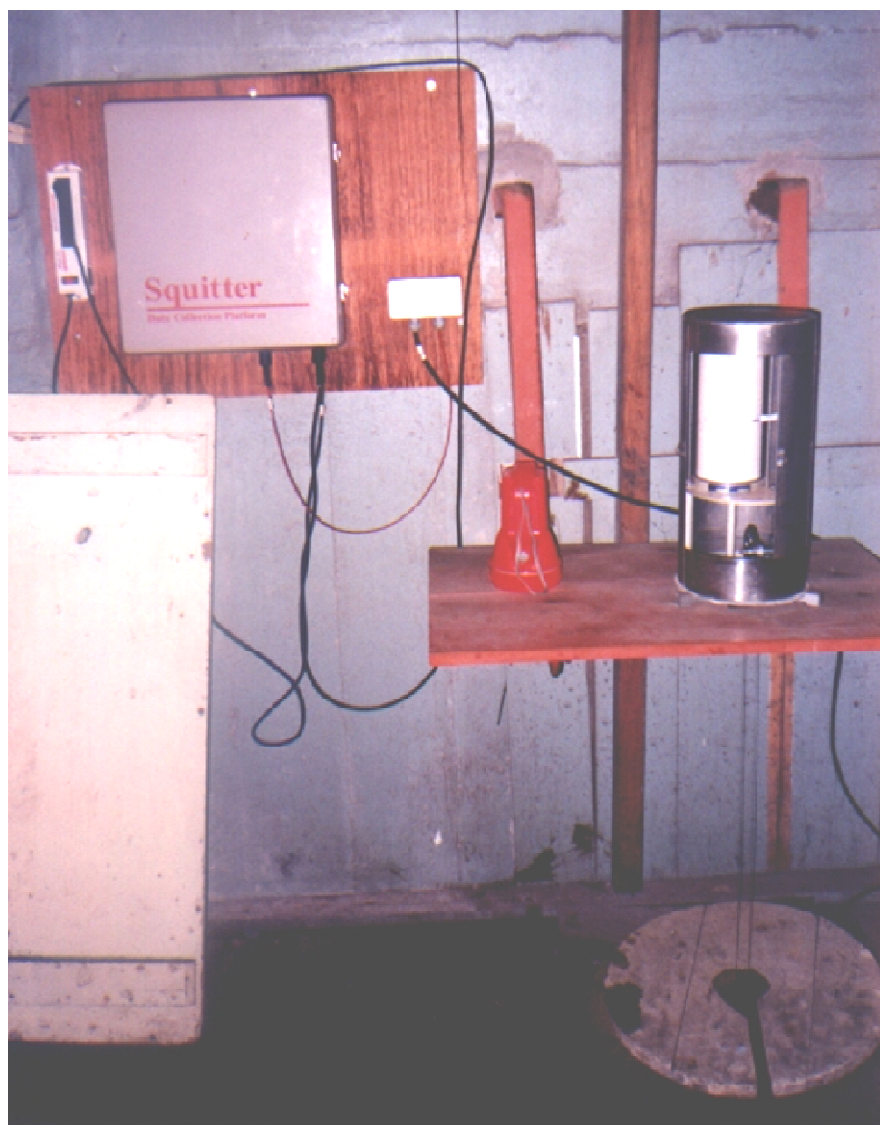
DATUM DE IMBITUBA

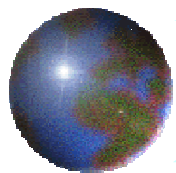




2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

DATUM DE IMBITUBA

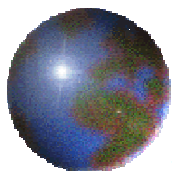




2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

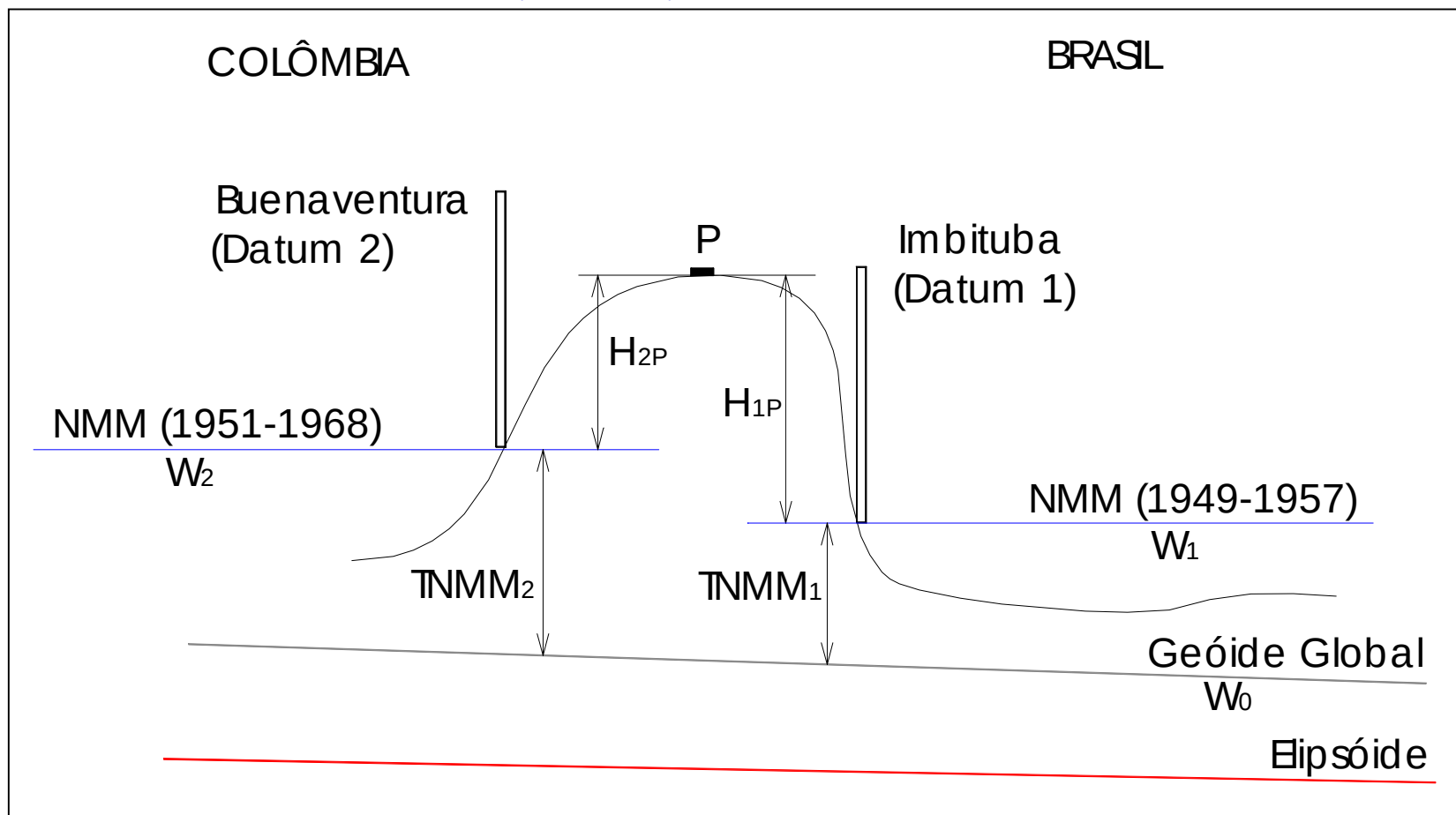
DATUM DE IMBITUBA





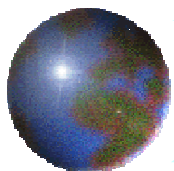
2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.2 - Datum altimétrico - Visão Moderna



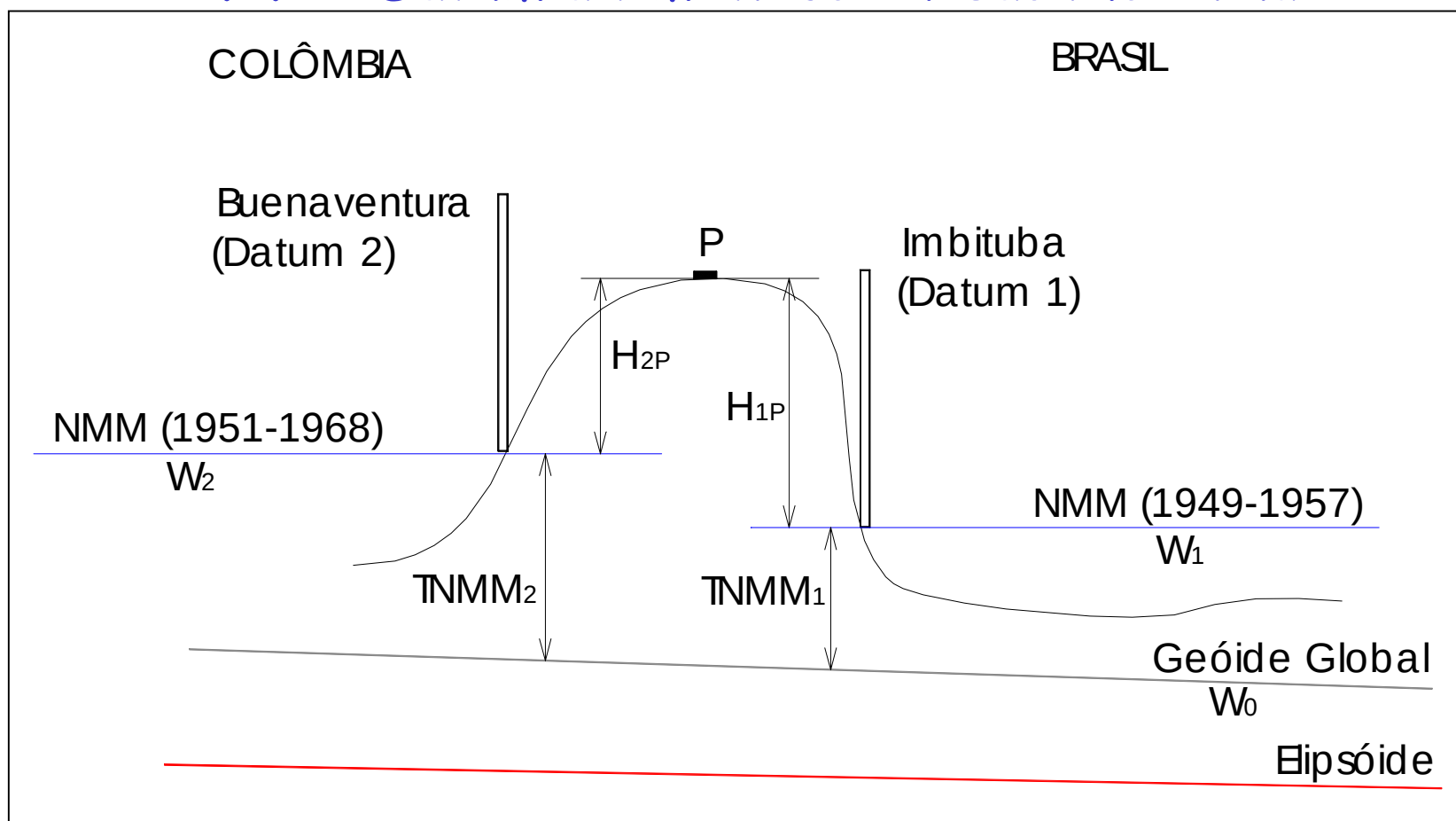
$NMM \neq \text{geóide}$

$TNMM \approx 2m$

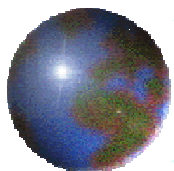


2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.2 - Datum altimétrico - Visão Moderna

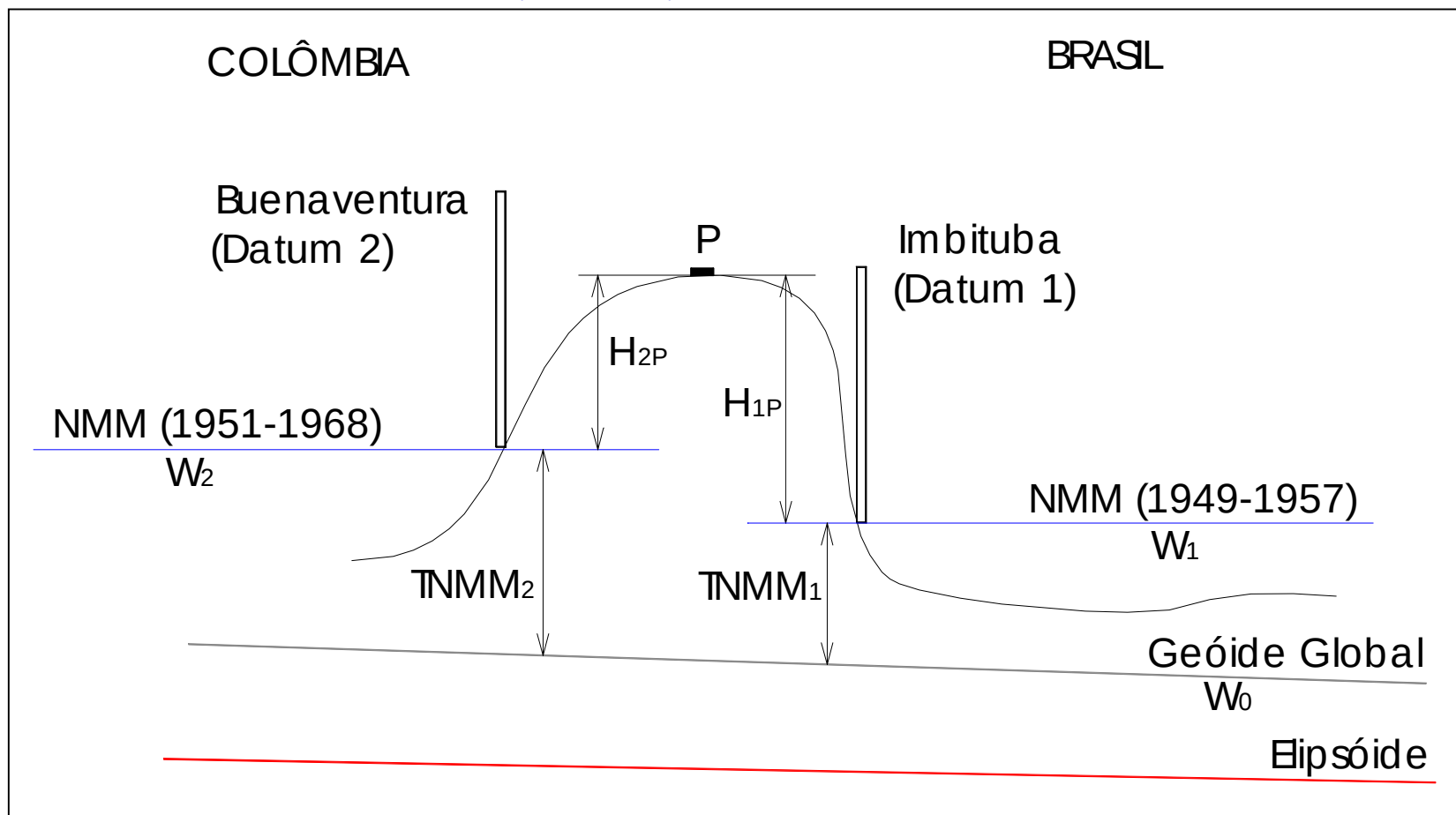


NMM como realização do DV não é representativo para outros períodos de tempo nem locais

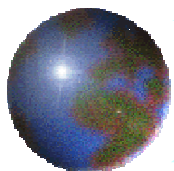


2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.2 – Datum altimétrico - Visão Moderna

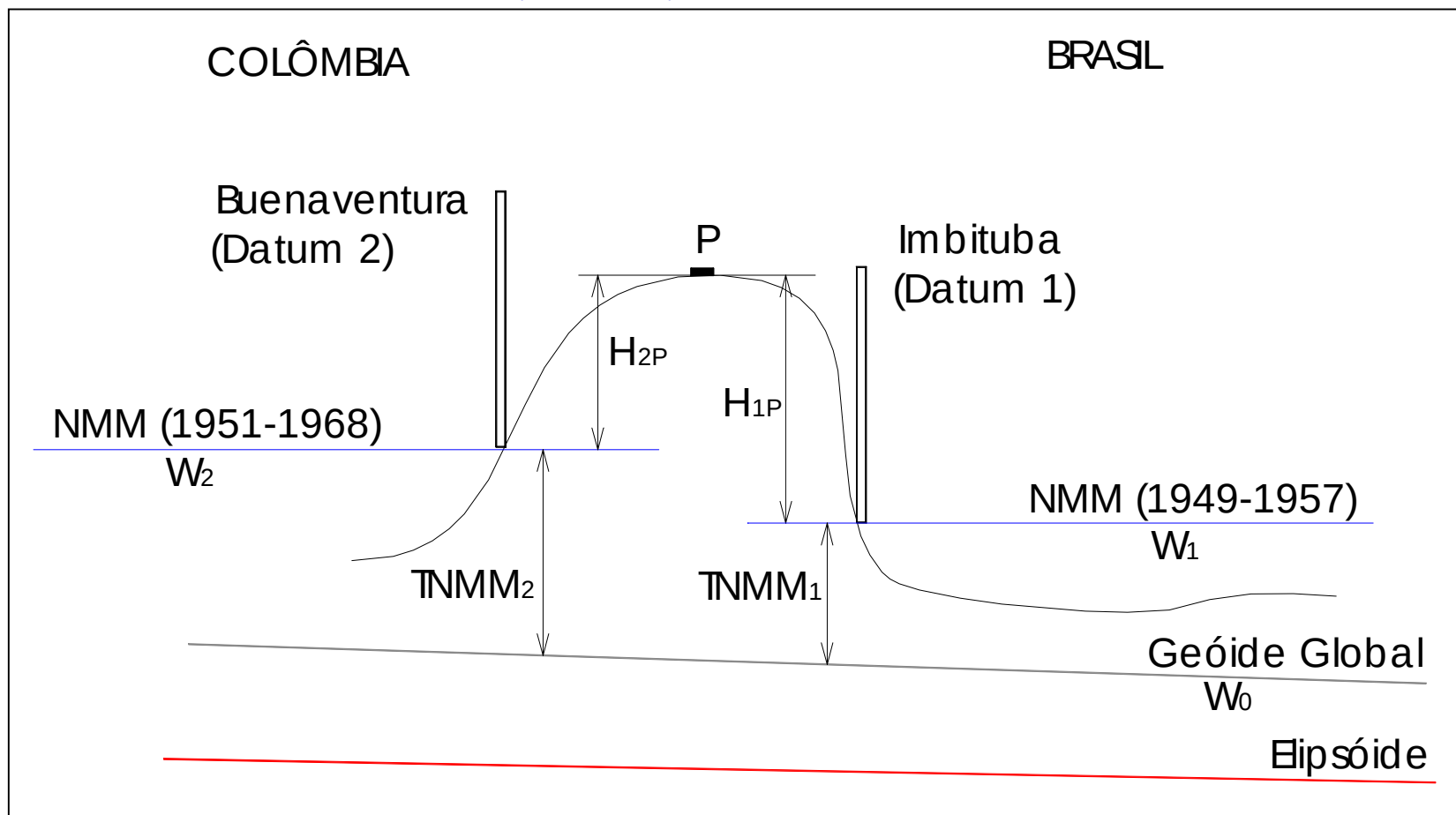


TNMM – estimar seu comportamento na época de definição do DV



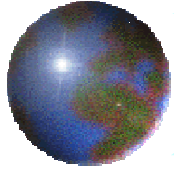
2.3 - Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.2 - Datum altimétrico - Visão Moderna



→ Evolução temporal do NMM

→ Movimentos da crosta

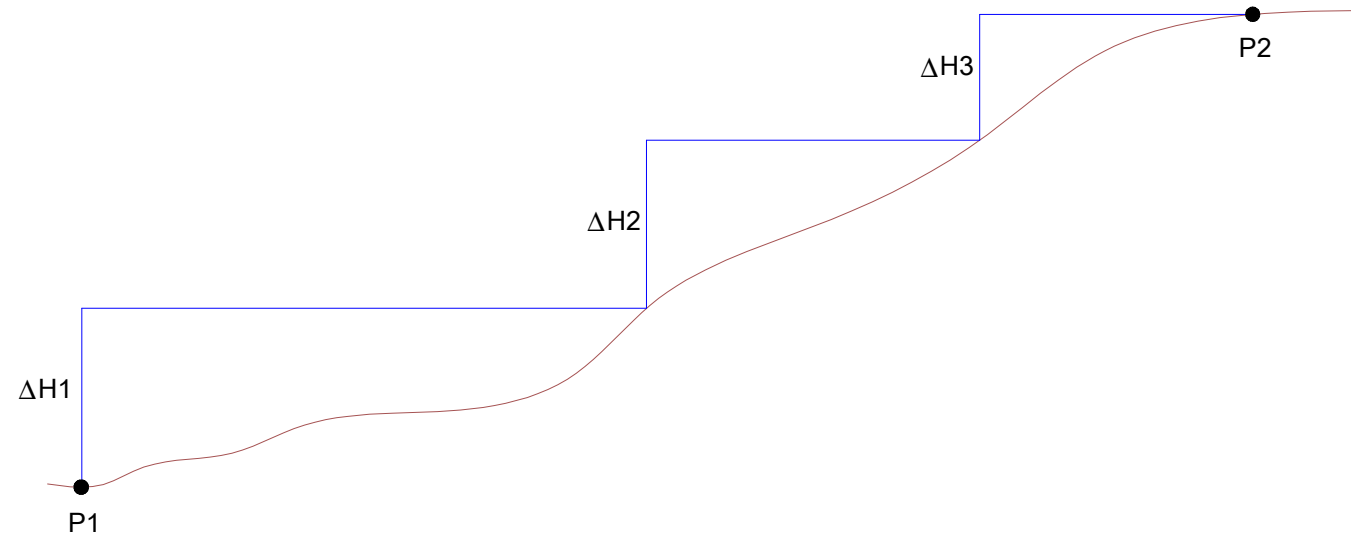


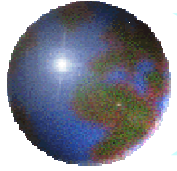
2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.3 – Nivelamento geométrico; aspectos instrumentais e correções

- Altitude de P_2 é definida inicialmente como o somatório dos desníveis desde P_1 mais a altitude de P_1

$$H_{P2} = H_{P1} + \sum_{i=1}^n \Delta H_i$$



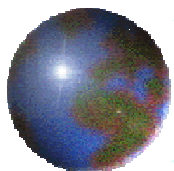


2.3.3 - Nivelamento geométrico; aspectos instrumentais e correções

EQUIPAMENTOS

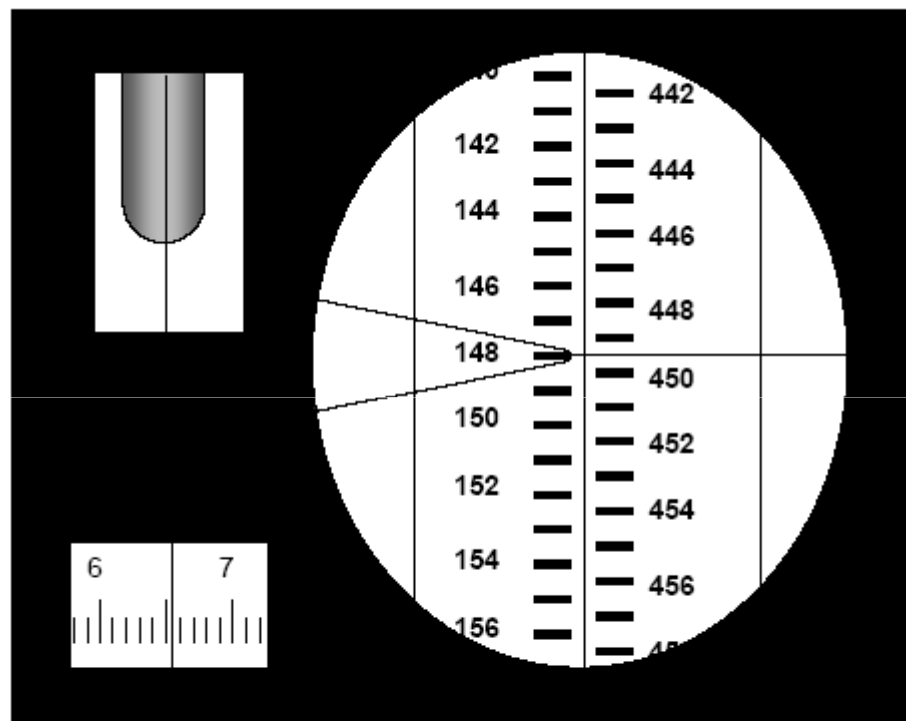
- Nível óptico equipado com placa plano paralela que permite o ajuste micrométrico das leituras (centésimo do mm)
- Miras de ínvar graduadas e calibradas





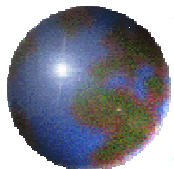
2.3.3 - Nivelamento geométrico; aspectos instrumentais e correções

EQUIPAMENTOS



148,651cm

Realização de leituras em ambos os lados da mira

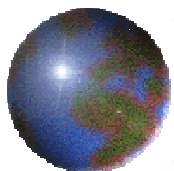


2.3.3 - Nivelamento geométrico; aspectos instrumentais e correções

EQUIPAMENTOS

- Nível eletrônico
- Miras de código de barras



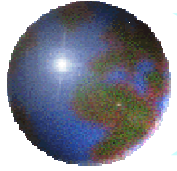


2.3.3 - Nivelamento geométrico; aspectos instrumentais e correções

EQUIPAMENTOS

- Sapata



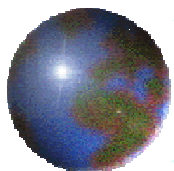


2.3.3 - Nivelamento geométrico; aspectos instrumentais e correções

EQUIPAMENTOS

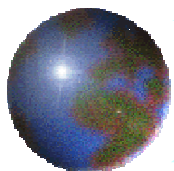
- Fixação da mira com balizas





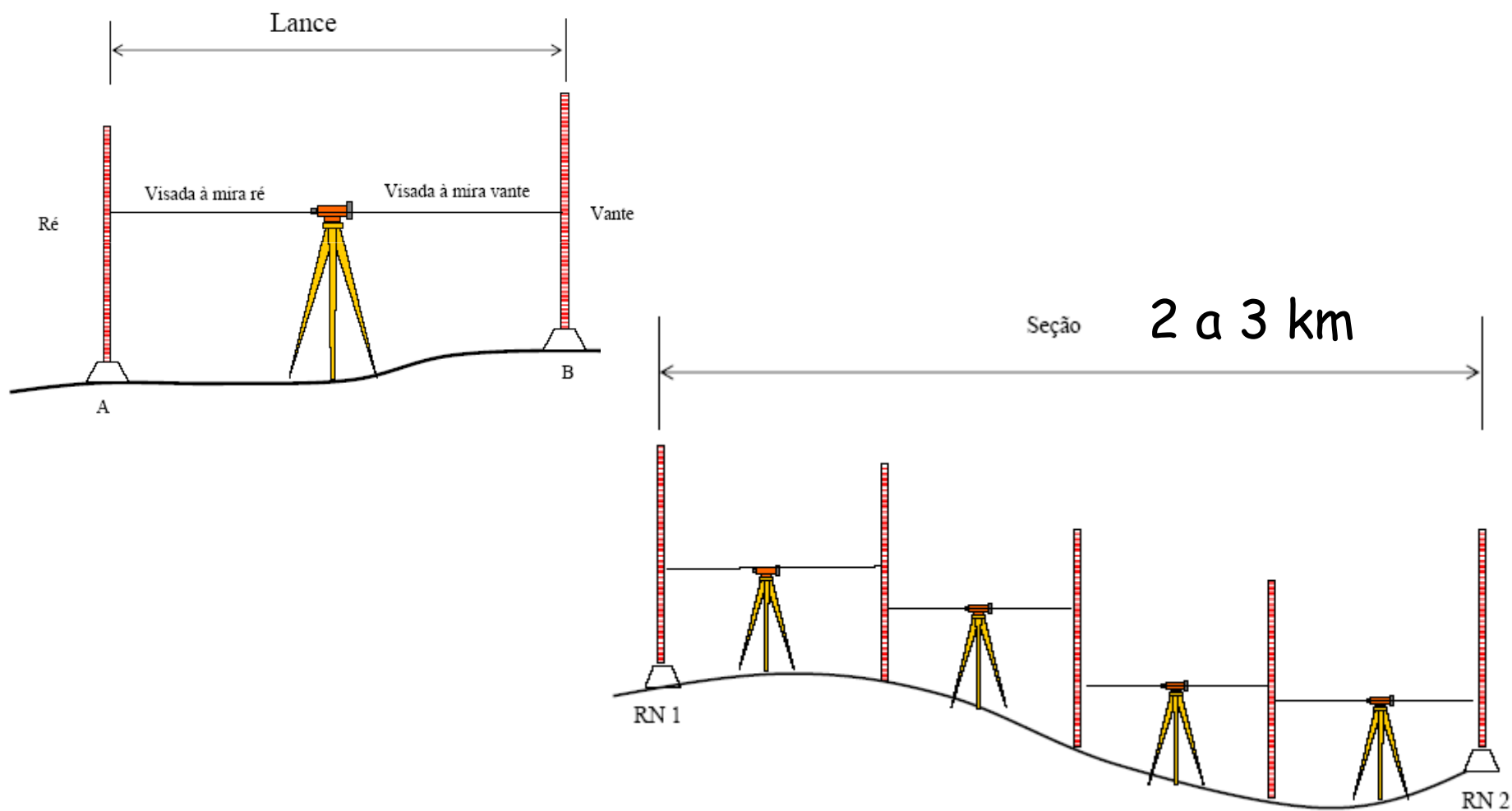
2.3.3 - Nivelamento geométrico; aspectos instrumentais e correções

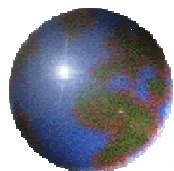




2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

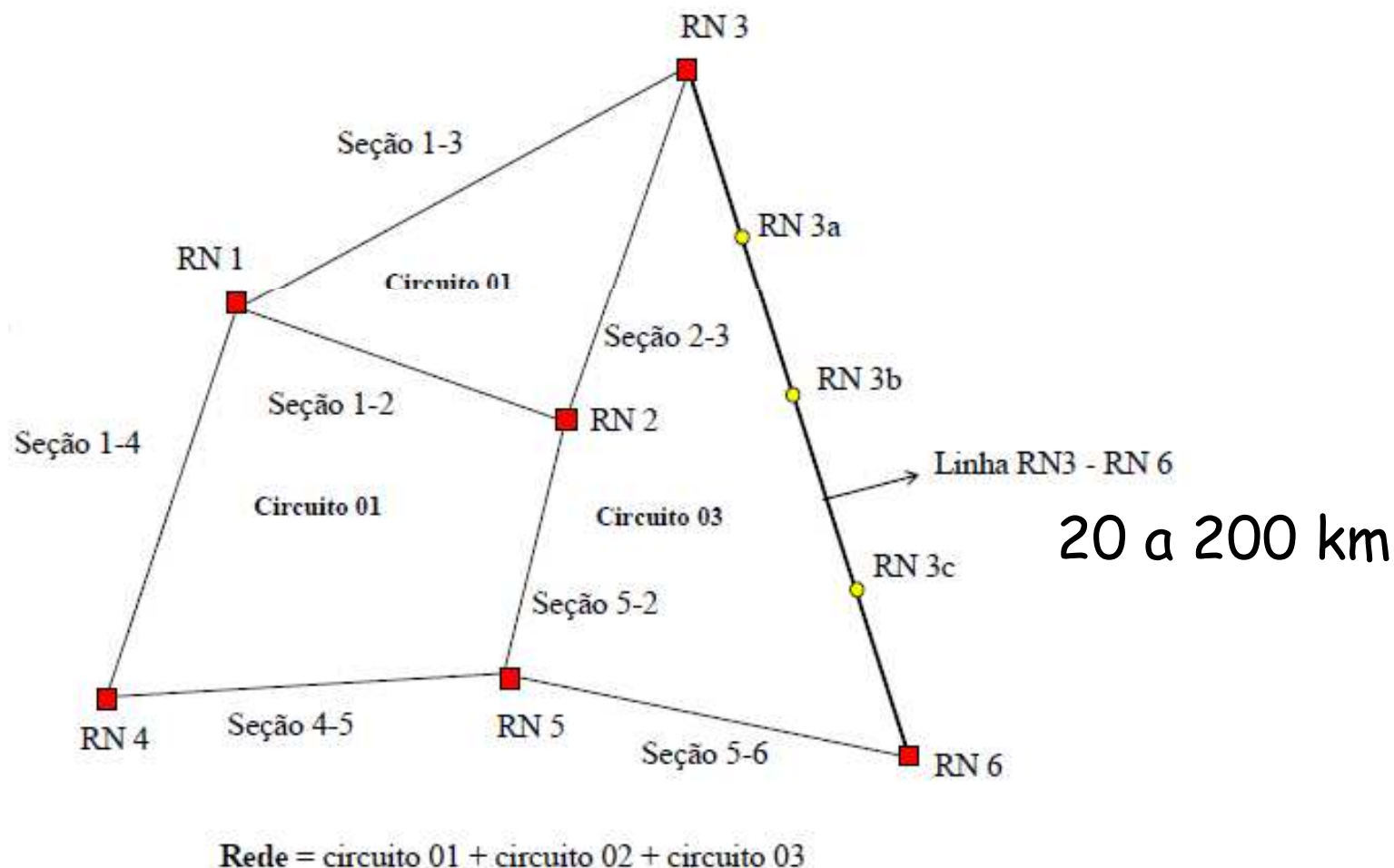
2.3.4 – Redes de altitudes ortométricas

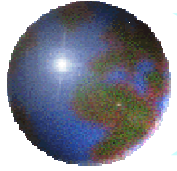




2.3 – Estruturas Geodésicas de Controle Vertical

2.3.4 – Redes de altitudes ortométricas

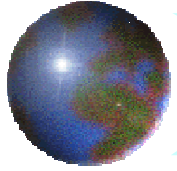




2.3.4 - Redes de altitudes ortométricas

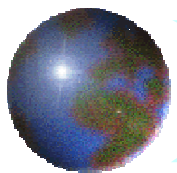
REDE ALTIMÉTRICA BRASILEIRA

- Implantação iniciou-se em 1945 no sul do país
- Em 1946 foi feita a conexão com o marégrafo de Torres
- Em 1958 adoção do Datum de Imbituba



2.3.4 - Redes de altitudes ortométricas

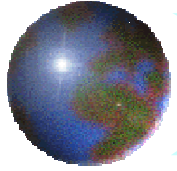
- IBGE - precisão $3\text{mm} \sqrt{k}$ para nivelamento de alta precisão, estabelecido a partir da diferença entre nivelamento e contra numa seção, permitindo aceitar ou rejeitar a medida do desnível
- Visadas máximas de 80m, diferenças de 2m entre ré e vante, evitar horários próximos ao meio dia, evitar os primeiros e últimos 50cm da mira, mesma mira no início e fim
- Controle de qualidade é feito com o fechamento em circuitos o que permite o ajustamento
- IAG recomenda $1\text{mm} \sqrt{k}$



2.3.4 - Redes de altitudes ortométricas

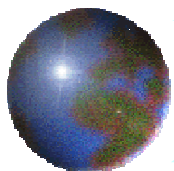
- Conta hoje com mais de 65000 estações (RNs)



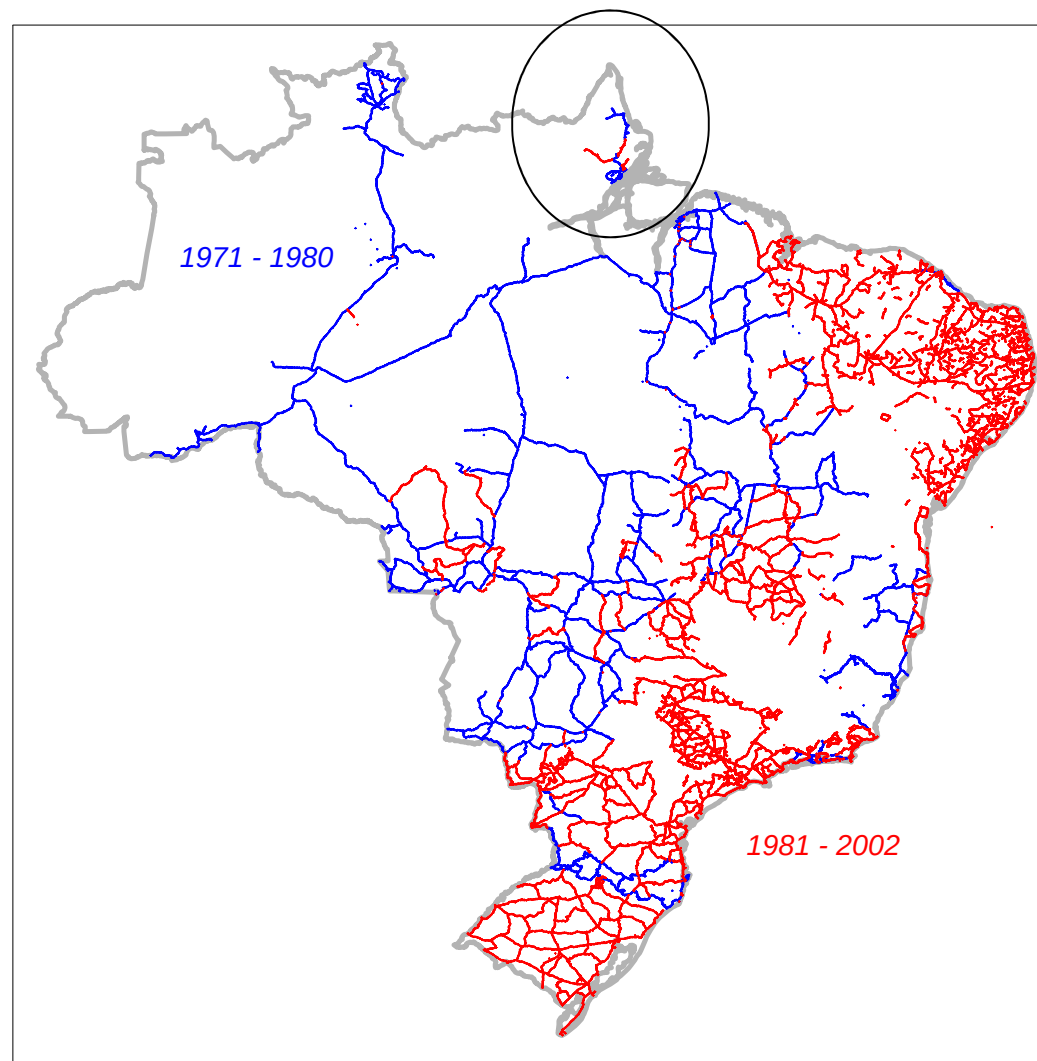
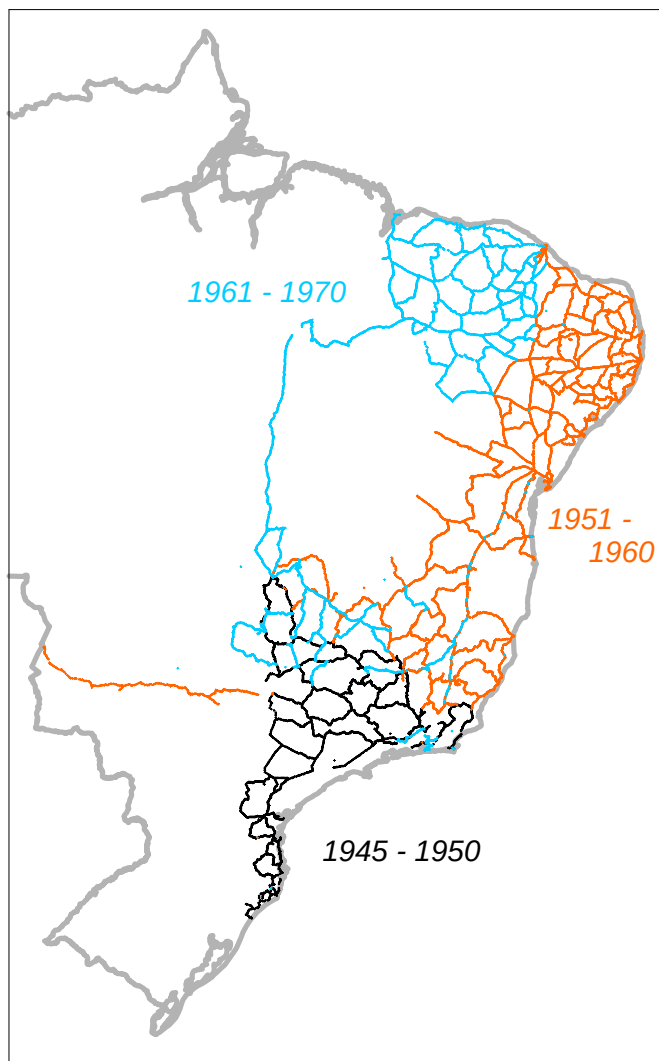


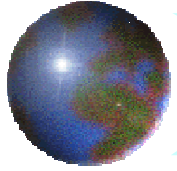
2.3.4 - Redes de altitudes ortométricas

- A partir da década de 70 a implantação foi direcionada ao oeste brasileiro e à reconstituição dos trechos destruídos
- Altitudes são calculadas a partir de desníveis obtidos através de nivelamento geométrico clássico, executado com níveis geodésicos de alta precisão e miras de invar, com tolerância de $4 \text{ mm(km)}^{1/2}$ e $3 \text{ mm(km)}^{1/2}$, respectivamente para períodos antes e depois de 1983



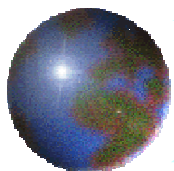
2.3.4 - Redes de altitudes ortométricas





2.3.4 – Redes de altitudes ortométricas

- Convém mencionar a existência da rede de nivelamento localizada ao norte do rio Amazonas, no estado do Amapá, que não está referenciada ao Datum de Imbituba
- Devido a grande largura do rio não foi possível transportar as altitudes via nivelamento geométrico. Nesta rede as altitudes estão vinculadas ao Datum local definido no porto de Santana



2.3.4 - Redes de altitudes ortométricas

- Entre 1948 e 1975 foram executados oito ajustamentos manuais
- Em 1993 foi concluído o primeiro ajustamento automatizado e integral
- Em 2011 foi concluído o primeiro ajustamento simultâneo (69000 RNs)

data do ajustamento	abrangência	número de circuitos	comprimento total das linhas (km)	datum
1948	total	8	2890	Torres
1952	total	38	15706	Torres
1959	total	79	30249	Imbituba
1962	parcial	19	4227	Imbituba
1963	parcial	?	?	Imbituba
1966	parcial	?	?	Imbituba
1970	parcial	?	?	Imbituba
1975	parcial	?	?	Imbituba
1993	total	377	105285	Imbituba