

**UFPR**  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

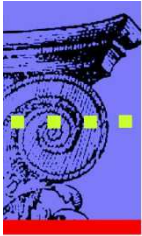
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

## GA112 – FUNDAMENTOS EM GEODÉSIA

### Capítulo 4

Regiane Dalazoana



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

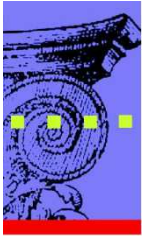
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

### 4 – REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS:

- 4.1 – Rede Geodésica de Referência Internacional (ITRF); Rede Geodésica de Referência Global (GGRF)
- 4.2 – Hierarquia das Redes Geodésicas de Referência;
- 4.3 – Evolução do Sistema Geodésico Brasileiro; A rede SIRGAS; o SGB;
- 4.4 – Conversão e Integração entre Redes Geodésicas de Referência;
- 4.5 – Variação temporal das coordenadas; época de referência.



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## REVISÃO (cap 3)



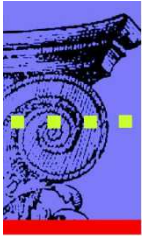
## REALIZAÇÃO OU MATERIALIZAÇÃO

“frame”

conjunto de pontos implantados na superfície física da Terra cujas coordenadas são conhecidas



disponibilizado ao usuário



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## REVISÃO (cap 3)

- O conjunto de estações materializadas na superfície, cujas coordenadas foram determinadas com relação ao sistema de referência, constituem-se nas chamadas redes geodésicas, didaticamente divididas em:

- Verticais ou altimétricas

RAZÃO DA SEPARAÇÃO

→ Vinculado ao campo da gravidade

- Horizontais

→ Vinculado a um sistema geométrico

- Tridimensionais

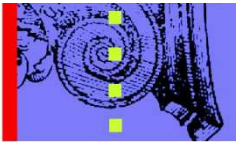
+

- Gravimétricas

Uso de diferentes equipamentos e observações coletadas em campo

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

Futuro – GGRF (*Global Geodetic Reference Frame*)



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

# Eng. Cartográfica e de Agrimensura



## Relatório de Estação Geodésica

Estação :	2063D	Nome da Estação :	2063D	Tipo :	Referência de Nivel - RN
Município :	CURITIBA	Situação Marco Principal :	Bom	UF :	PR
Última Visita:	02/07/2015	Conexões :	EG : 8113274		
<b>DADOS PLANIMÉTRICOS</b>					
Latitude	25 ° 27 ' 12 " S	Altitude Ortométrica(m)	914,3833	Gravidade(mGal)	978,760,49
Longitude	49 ° 13 ' 59 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	RGFB
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altura(m)	0,04	Data Medição	24/06/2003
Origem	SIRGAS2000	Datum	Imbituba	Data Cálculo	22/11/2011
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	22/08/1983		
Data Medição	02/07/2015	Data Cálculo	15/06/2011		
Data Cálculo					
Sigma Latitude(m)	7,183,676				
Sigma Longitude(m)	677,660				
UTM(N)					
UTM(E)					
MC					

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geofp.igge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
  - Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/02/2006 - Relatório em [http://geofp.igge.gov.br/documentos/geodesia/rel\\_sirgas2000.pdf](http://geofp.igge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf)
  - Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEO2015 disponível em [http://www.igge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtml](http://www.igge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtml)
  - As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.
- Localização**
- No canteiro, 10,6 m a sudeste da parede do bloco VI, na área do Centro Politécnico da UFPR-Campus III, Rua Evaristo F.F. da Costa, Jardim das Américas.
- Marco padrão IBGE:**

Foto(s)



Estação :	132	Nome da Estação :	PORTAO	Tipo :	Vértice de Triangulação - VT
Município :	CURITIBA	Situação Marco Principal :	Destruido	UF :	PR
Última Visita:	15/06/1986				

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	25 ° 29 ' 21,68980 " S	Altitude Ortométrica(m)	937,24	Gravidade(mGal)	
Longitude	49 ° 17 ' 34,52517 " W	Fonte	Nivelamento Trigonométrico	Datum	
Fonte	Triangulação	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Origem	Ajustada	Datum	Imbituba	Data Cálculo	
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	15/12/1948		
Data Medição	15/12/1948	Data Cálculo	15/12/1948		
Data Cálculo	06/03/2006				
Sigma Latitude(m)	0,272				
Sigma Longitude(m)	0,259				
UTM(N)	7.179.764.274				
UTM(E)	671.588.128				
MC	-51				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel\\_sirgas2000.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAAPGE02015 disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geozda.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geozda.shtm)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015

#### Localização

Na cidade de Curitiba-PR, no bairro de Portão, no quarteirão compreendido entre as Ruas Xaxim, Augusto Marach, Av. Republica Argentina e Beco Gasparim. Na Rua Augusto Marach, existe um prédio do Grupo Francisco Azevedo Macedo, onde da ponta direita do mesmo, o marco é visado com rumo sul, aproximadamente 70 m.

#### Descrição

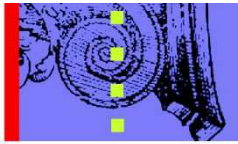
Bloco quadrado de concreto, medindo 30 cm x 30 cm no topo, aflorando 5 cm do solo. Possui uma chapa de bronze do Departamento do Estado do Paraná, estampada: PORTÃO-132.

#### Itinerário

Partir de frente da Igreja de Bom Jesus, em Curitiba - PR, localizada no bairro Portão e seguir rumo sul pela Avenida Republica Argentina; com 4,83 km, passar sobre os trilhos da R.V.P.S.C. e seguir em frente; com mais 12,87 km, entrar à esquerda, no Beco Gasparim; com mais 80 metros, a 8 metros a esquerda do eixo da rua, no rumo Norte, local do marco.

#### Observação

Foi montada uma torre de 31 m para visar Malhada, Passo Amarelo e Morro da Cal. Os demais são visados com 19 m e o Balaia do chão. Pertence a BASE PORTÃO. O marco de referência A é um cilíndrico com 10 cm de diâmetro, aflorando 25 cm do solo. O marco de referência B tem forma quadrangular, medindo 15 cm x 15 cm no topo, aflorando 25 cm do solo. Possuem chapa do CNIG, não estampada.



**UFPR**

Universidade  
Federal do Paraná

# Eng. Cartográfica e de Agrimensura



## Relatório de Estação Geodésica

Estação : 91103 Nome da Estação : PR-23 Tipo : Estação GPS

Município : CURITIBA Situação Marco Principal : Bom UF : PR

Última Visita: 15/06/2005 EG : 8113279 RN : 3279U

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	25 ° 27 ' 19,90376 " S	Altitude Ortométrica(m)	907,1886	Gravidade(mGal)	978,761,85
Longitude	49 ° 14 ' 14,74943 " W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	RGFB
Altitude Geométrica(m)	911,134	Sigma Altitude(m)	0,04	Data Medição	24/06/2003
Fonte	GPS Geodésico	Datum	Imbituba	Data Cálculo	22/11/2011
Origem	Ajustada	Data Medição	19/08/2003		
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo	15/06/2011		
Data Medição	15/06/2005				
Data Cálculo	06/03/2006				
Sigma Latitude(m)	0,005				
Sigma Longitude(m)	0,005				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,037				
UTM(N)	7,183,438,808				
UTM(E)	677,216,768				
MC	-51				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geoftp.lbgc.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [http://geoftp.lbgc.gov.br/documentos/geodesia/rel\\_sirgas2000.pdf](http://geoftp.lbgc.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEOD015 disponível em [http://www.lbgc.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geodolal.shtm](http://www.lbgc.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geodolal.shtm)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPPR 01/2015 de 24/02/2015.

### Localização

A 11,20 m do eixo da pista de atletismo do Centro de Educação Física e Desportos do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná-UFPR, em Curitiba-PR.

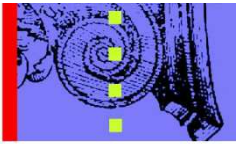
### Descrição

Tronco de pirâmide. Possui uma chapa, estampada: SAT-PR-23 = 91103.

Foto(s)



SAT 91103



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

# Eng. Cartográfica e de Agrimensura



## Relatório de Estação Geodésica

Estação :	91121	Nome da Estação :	PR-41	Tipo :	Estação GPS
Município :	CURTIBA	Situação Marco Principal :	Bom	UF :	PR
Última Visita:	16/06/2005				

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	25 ° 26 ' 48,95537 " S	Altitude Ortométrica(m)		Gravidade(mGal)	
Longitude	49 ° 15 ' 58,34125 " W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica(m)	1.011,056	Sigma Altitude(m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	16/06/2005				
Data Cálculo	06/03/2006				
Sigma Latitude(m)	0,003				
Sigma Longitude(m)	0,003				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,020				
UTM(N)	7.186.275,136				
UTM(E)	674.359,373				
MC	-51				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 15/06/2011 - Relatório em <http://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/relatorioajustamento.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em [http://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel\\_sirgas2000.pdf](http://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sirgas2000.pdf)
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGEOD2015 disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal\\_sifm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal_sifm)
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015.

### Localização

No heliporto do Edifício Centro Comercial Italia situado a Rua Marechal Deodoro, Centro-Curitiba-PR.

### Descrição

Chapa do IBGE cravada no piso do heliporto do Edifício Centro Comercial Italia, estampada SAR-PR-41 = 91121.

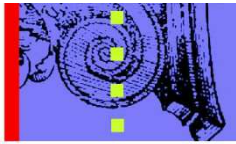
### Observação

Para ocupação, dirigir-se a portaria do edifício e abrir a porta. O acesso se dá pelas Ruas Marechal Deodoro e João Negrão.

Foto(s)





**UFPR**Universidade  
Federal do Paraná

# Eng. Cartográfica e de Agrimensura



## RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS Relatório de Informação de Estação UFPR - Curitiba

### 0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC

Data: 05/09/2007

Atualização: 04/04/2018 - Troca de equipamento

### 1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: CURITIBA-UFPR

Ident. da Estação: UFPR

Código SAT: [9397D](#)

Código Internacional: 41610M002

### 2. Informação sobre a localização

Cidade: Curitiba

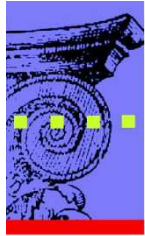
Estado: Paraná

Informações Adicionais: Prisma quadrangular medindo 0,50 m x 0,50 m x 1,20 m de altura, dotado de dispositivo de centragem forçada e extensor. Possui chapa padrão IBGE cravada na lateral do pilar com a inscrição SAT 91105. Rua 15 de Novembro 1299 - CEP 81531-590 - Curitiba - PR. Nas dependências do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

### 3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas		
Latitude:	- 25° 26' 54,12695"	Sigma: 0,001 m
Longitude:	- 49° 13' 51,43717"	Sigma: 0,001 m
Alt. Elip.:	925,807 m	Sigma: 0,004 m
Coordenadas Cartesianas		
X:	3.763.751,6791 m	Sigma: 0,002 m
Y:	-4.365.113,8289 m	Sigma: 0,003 m
Z:	-2.724.404,7151 m	Sigma: 0,002 m
Coordenadas Planas (UTM)		
UTM (N):	7.184.223,309 m	
UTM (E):	677.878,516 m	
MC:	-51	

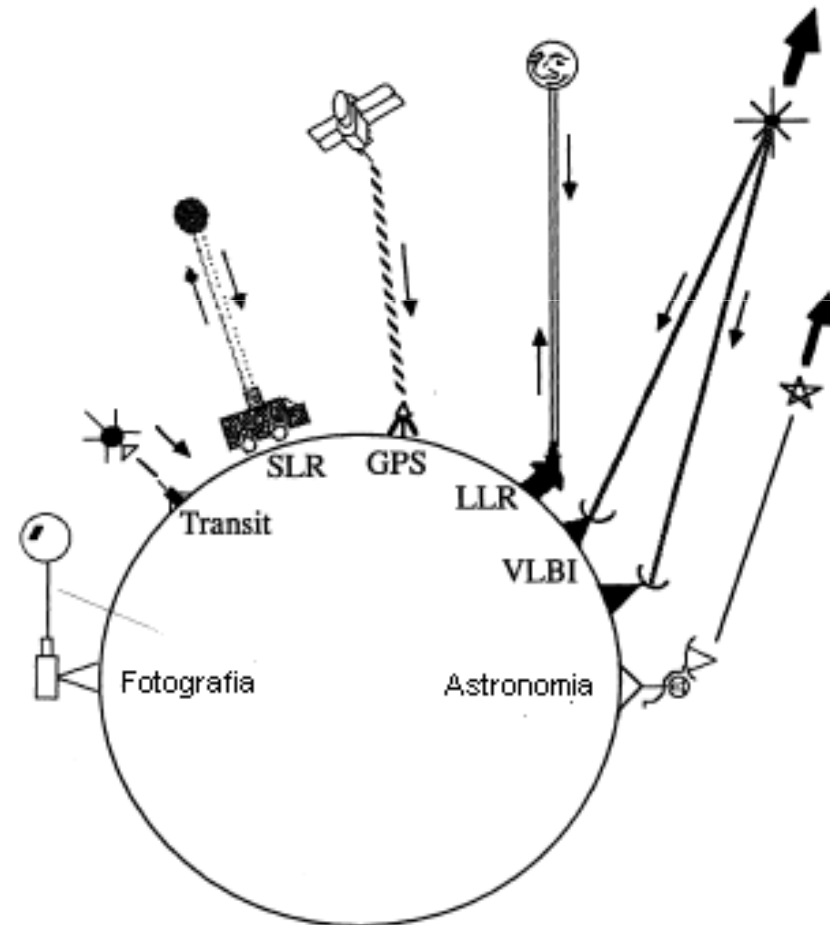


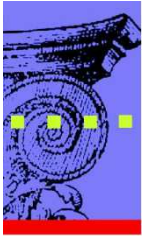
UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## 4.1 – Rede Geodésica de Referência Internacional (ITRF – *International Terrestrial Reference Frame*);

Conjunto de coordenadas, velocidades e suas respectivas precisões de um grupo de estações, determinadas pela combinação de diferentes técnicas de posicionamento espacial (por exemplo: VLBI, SLR, GPS e DORIS)





UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

Diferentes realizações do ITRF (devido à evolução da rede, séries temporais mais longas):

ITRF89,

ITRF90,

ITRF91,

ITRF92,

ITRF93,

ITRF94,

(vínculo da 1ª campanha SIRGAS, época 1995,4)

ITRF96,

ITRF97,

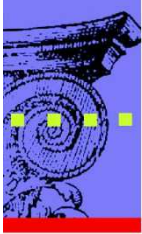
ITRF2000,

(vínculo da 2ª campanha SIRGAS, época 2000,4)

ITRF2005,

ITRF2008 e

ITRF2014.



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

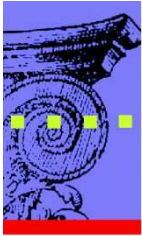
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

Entre as diferentes realizações do ITRF são gerados parâmetros de transformação (transformação de Helmert ou de similaridade), na realidade são 14 parâmetros:

- três translações (representam a variação na posição do centro de massa)
- três rotações
- um fator de escala
- mais as respectivas variações temporais



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

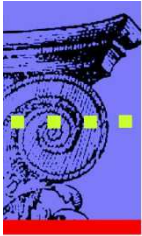
## Transformation Parameters from ITRF2014 to ITRF2008

14 transformation parameters from ITRF2014 to ITRF2008 have been estimated using 127 stations listed in Table 2 and located at 125 sites shown on Figure 2.

	T1	T2	T3	D	R1	R2	R3
	mm	mm	mm	10-9	mas	mas	mas
	1.6	1.9	2.4	-0.02	0.000	0.000	0.000
+/-	0.2	0.1	0.1	0.02	0.006	0.006	0.006
Rates	0.0	0.0	-0.1	0.03	0.000	0.000	0.000
+/-	0.2	0.1	0.1	0.02	0.006	0.006	0.006

Table 1: Transformation parameters at epoch 2010.0 and their rates from ITRF2014 to ITRF2008 (ITRF2008 minus ITRF2014)

[http://itrf.ign.fr/ITRF\\_solutions/2014/tp\\_14-08.php](http://itrf.ign.fr/ITRF_solutions/2014/tp_14-08.php)

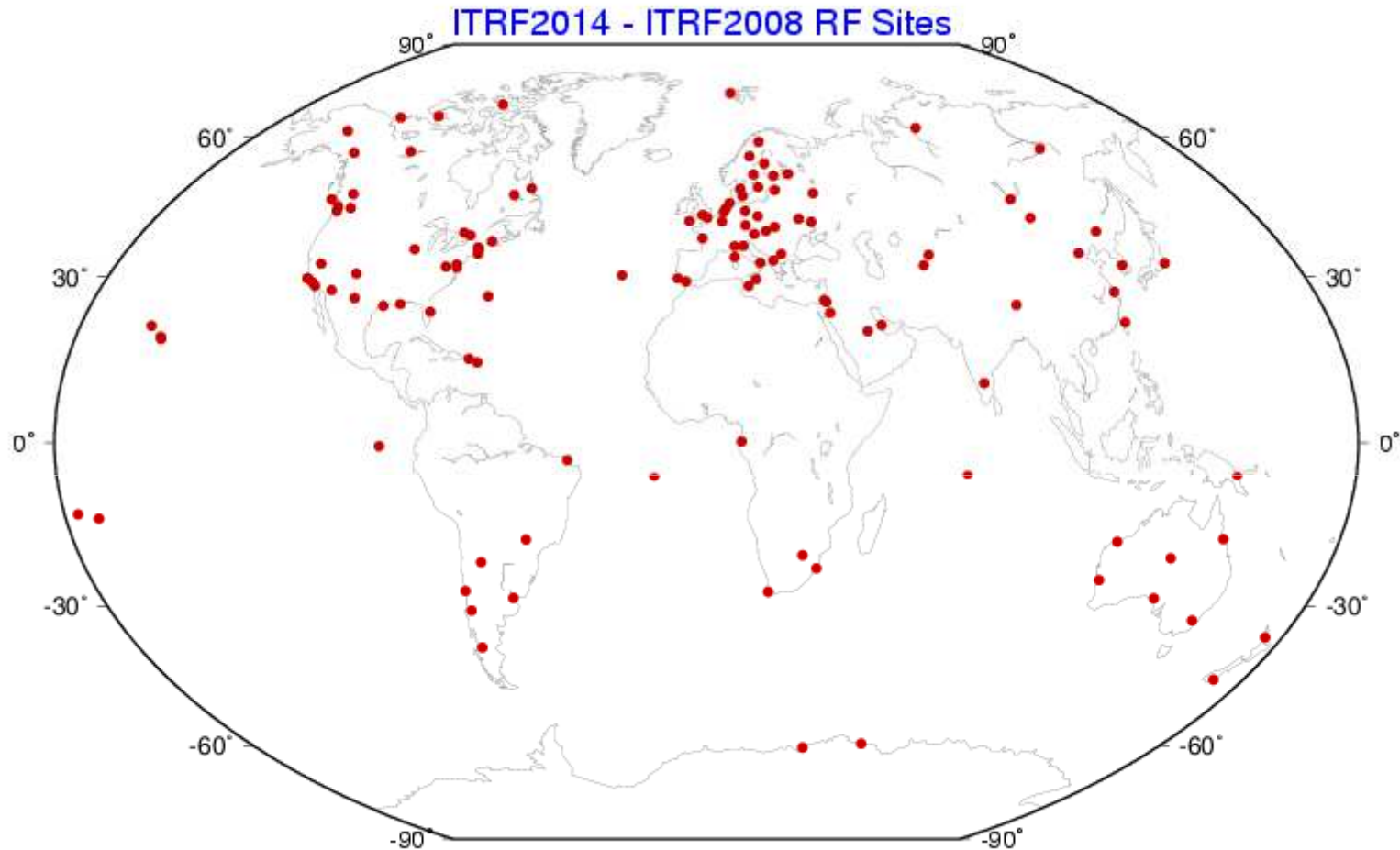


UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

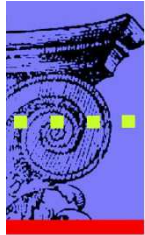
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS



**Figure 2: Sites used in the estimation of the transformation parameters between ITRF2014 and ITRF2008**

[http://itrf.ign.fr/ITRF\\_solutions/2014/tp\\_14-08.php](http://itrf.ign.fr/ITRF_solutions/2014/tp_14-08.php)



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

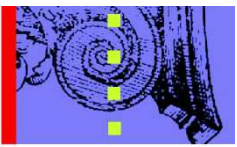
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## 4.1 – Rede Geodésica de Referência Global (GGRF);

### GLOBAL GEODETIC REFERENCE SYSTEM (GGRS)

Conjunto de modelos físicos e matemáticos necessários para descrever as posições físicas e a gravidade no espaço e no tempo.

- Para o ponto físico  $P$ , o potencial  $W_P = W(X)$  é avaliado na coordenada  $X$  no ITRS;
- A unidade de tempo é o segundo e a unidade de comprimento é o metro ambos dois no SI;
- A altitude física é a diferença  $-\Delta W_P$  entre o potencial  $W_P$  do campo de gravidade da Terra no ponto  $P$  considerado e o potencial geoidal do elipsoide de nível  $W_0$ ;
- O vetor de gravidade  $g$  é o gradiente do potencial do campo de gravidade da Terra;
- Geometria e gravidade são funções implícitas do tempo;
- São necessários parâmetros fundamentais e convenções para o uso de modelos, por exemplo, o sistema de maré e procedimentos;
- O ICRS, baseado numa definição cinemática, é um sistema quase inercial. O ICRS fornece a base celeste para o GGRS;
- A relação entre o ITRS e o ICRS é descrita pelos EOP.



## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRS) MODERNOS

### GLOBAL GEODETIC REFERENCE FRAME (GGRF)

É a materialização do GGRS através da integração de redes de referência geodésicas, incorporação do ITRF, ICFR, do futuro IHRF e Rede Global Gravimétrica Absoluta

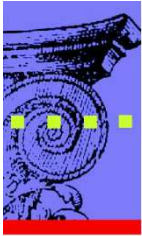
A rede de pontos terrestres é global, com densificação nacional e regional da infra-estrutura geodésica. Esta rede de estações GGRF tipicamente compreende:

- observatórios geodésicos fundamentais que empregam todas as técnicas geodésicas espaciais co-localizadas com instrumentos gravimétricos, permitindo a ligação entre  $X$ ,  $W$  e  $g$ ;
- Outras estações geodésicas que incluem também maregrafos de referência, pontos de referência de altura e pontos gravimétricos co-localizados sempre que for possível com instrumentos geodésicos espaciais.

Todas as estações GGRF devem ser:

- funcionar continuamente, a longo prazo, para assegurar a estabilidade do GGRF;
- equipada com tecnologia de observação de ponta para produzir Medições de quantidades geodésicas;
- Monitorado continuamente para detectar deformações superficiais da Terra; e
- Conectados a datums verticais para relacionar com precisão suas diferenças de geopotencial para unificação.

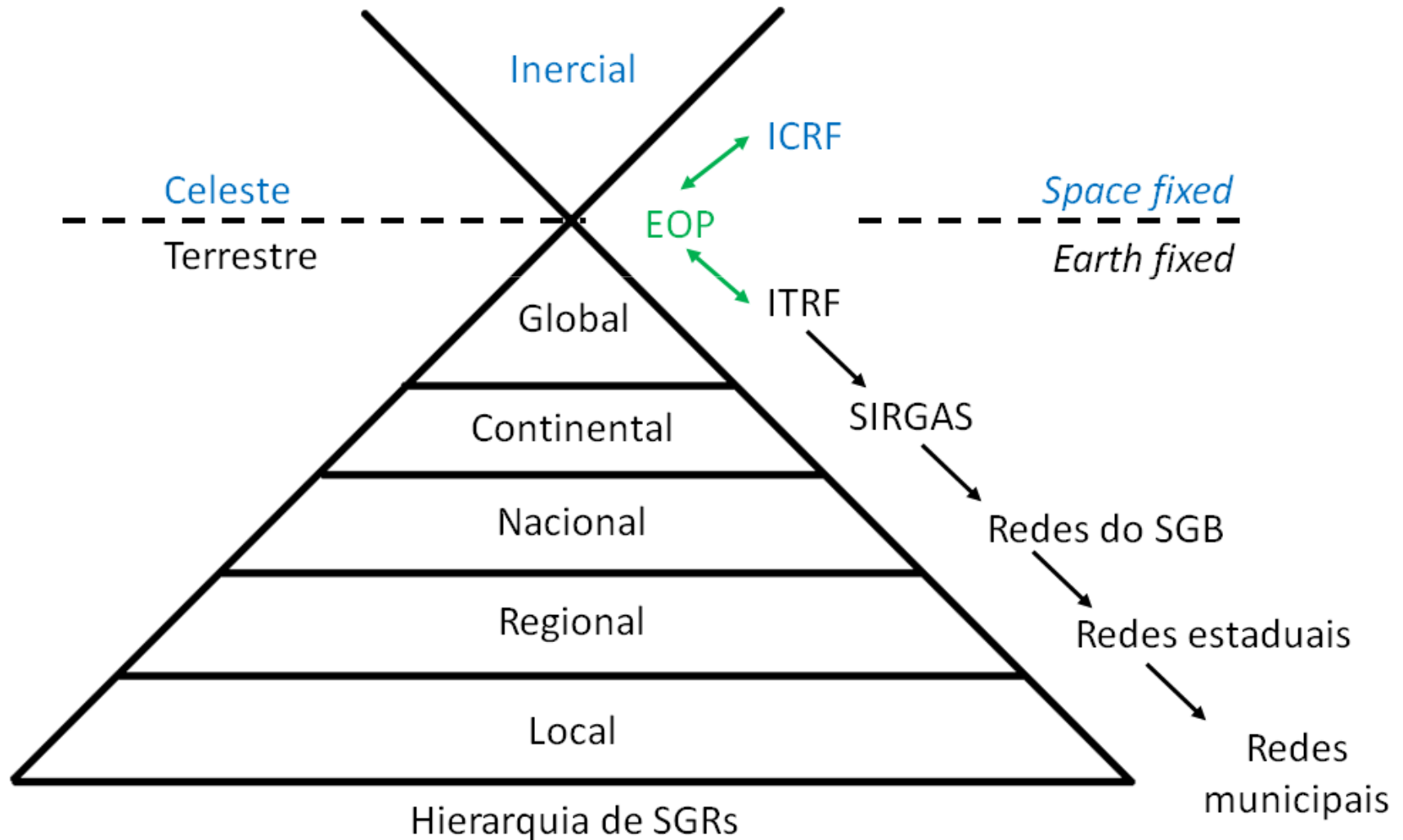




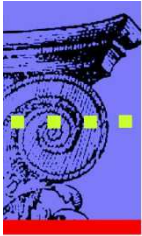
UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## 4.2 – Hierarquia das Redes Geodésicas de Referência;



Eng. Cartográfica e de Agrimensura



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

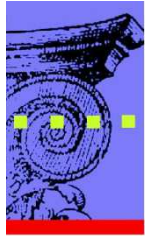
---

### 4.2 – Hierarquia das Redes Geodésicas de Referência;

A hierarquia é importante pois permite manter uma única definição (ITRS) e a realização é uma densificação da rede superior

#### TAREFAS COMUNS A TODAS AS REDES:

- Definição de origem, orientação e escala;
- Redes de referência subsequentes utilizam pontos de referência de hierarquia mais alta;
- Estações fundamentais são necessárias para as redes de referência.



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

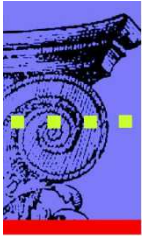
## 4.3 – Evolução do Sistema Geodésico Brasileiro; A Rede SIRGAS; o SGB;

### SGB - Sistema Geodésico Brasileiro

“O desenvolvimento do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, composto pelas redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica pode ser dividido em duas fases distintas: uma anterior e outra posterior ao advento da tecnologia de observação de satélites artificiais com fins de posicionamento. No Brasil, essa tecnologia possibilitou, por exemplo, a expansão do SGB à região amazônica, permitindo o estabelecimento do arcabouço de apoio ao mapeamento sistemático daquela área.

Inicialmente, na década de 70, eram observados os satélites do Sistema TRANSIT. Em fins da década de 80, o IBGE, através do seu Departamento de Geodésia, criou o projeto GPS com o intuito de estabelecer metodologias que possibilitassem o uso pleno da tecnologia do Sistema NAVSTAR/GPS, que se apresentava como uma evolução dos métodos de posicionamento geodésico até então usados, mostrando-se amplamente superior nos quesitos rapidez e economia de recursos humanos e financeiros.” (fonte: portal antigo do IBGE)

[https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default\\_sgb\\_int.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_sgb_int.shtm)



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# ESPECIFICAÇÕES E NORMAS PARA LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS ASSOCIADOS AO SISTEMA GEODÉSICO BRASILEIRO

## GEODÉSICOS DE MODERNOS

Norma para levantamentos  
geodésicos - versão 2017

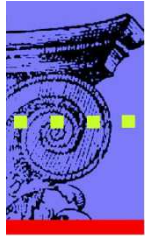
Ver capítulo 1 que apresenta  
uma visão geral e evolutiva do  
SGB (Sistema Geodésico  
Brasileiro)

Norma anterior – PR 22 de  
1983

Levantamentos GPS – PR 5  
de 1993



[ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/normas\\_levantamentos\\_geodesicos.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/normas_levantamentos_geodesicos.pdf)



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## 4.3 – Evolução do Sistema Geodésico Brasileiro; A Rede SIRGAS; o SGB;

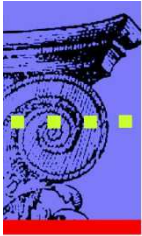
### REDE HORIZONTAL

- Implantação iniciou-se em 1944
- Finalidade – apoio ao mapeamento; obras de engenharia, regulamentação fundiária, entre outras
- Década de 70 - uso do sistema TRANSIT
- Até 1990 eram aplicados os procedimentos clássicos
- A partir de 1991 uso exclusivo do GPS para densificação da Rede Horizontal

10 ppm

Melhoria das técnicas de posicionamento

1 ppm



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

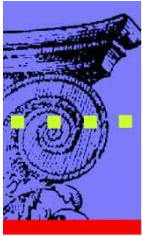
## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

- 1994 - implantação das redes estaduais GPS de alta precisão
- Em 1996 surgiu o conceito de rede ativa - RBMC
- Evolução de técnicas, equipamentos e modelagem
- Necessidade de refinamento dos produtos geodésicos



Reajustamento da rede em 1996 (em SAD69) e posterior adoção do SIRGAS



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

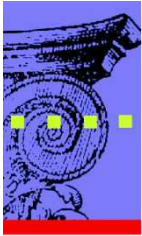
Surgimento dos métodos de posicionamento por satélites



Possibilidade de obtenção simultânea das 3 coordenadas



Criação do Projeto SIRGAS em 1993

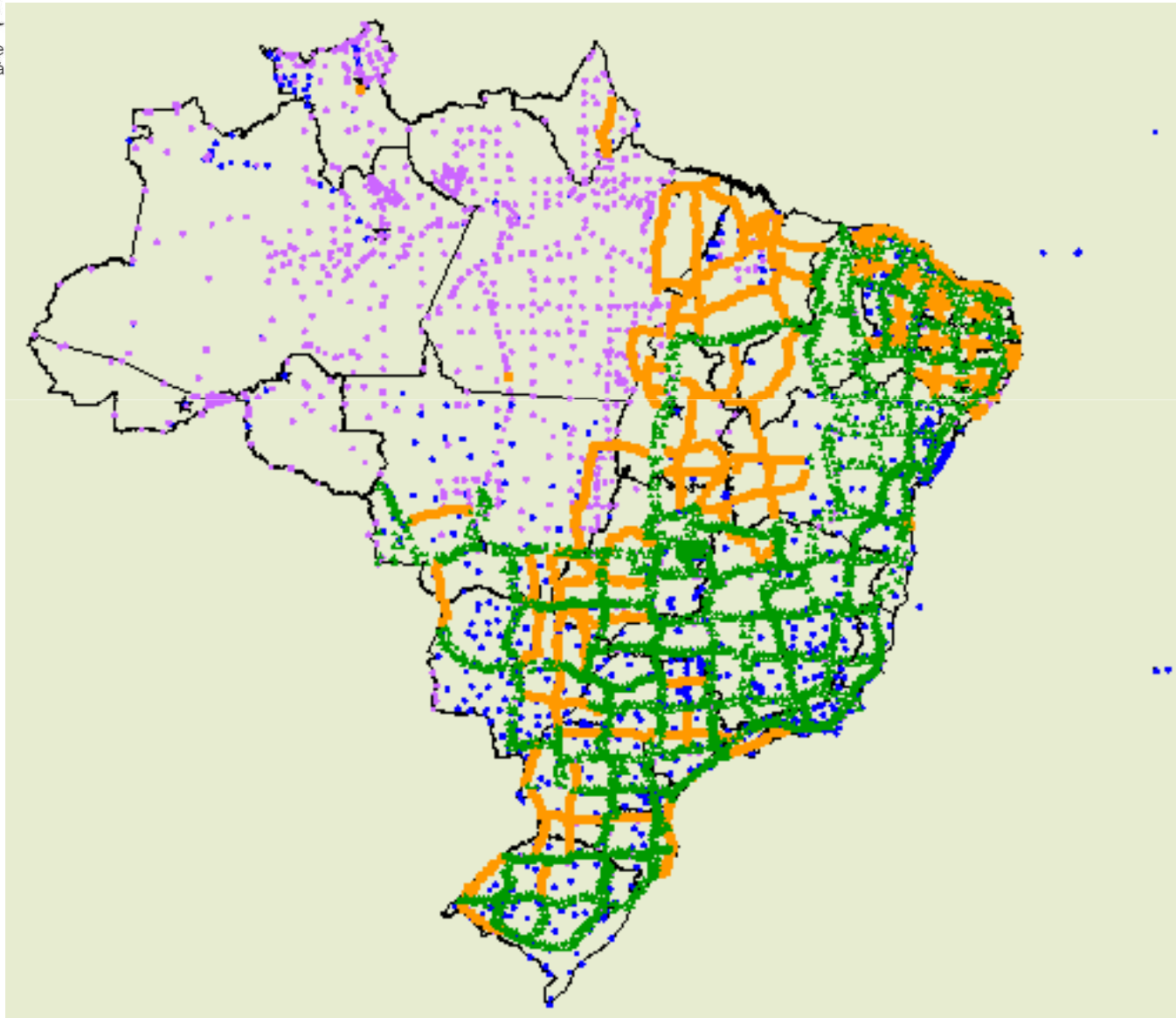


UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

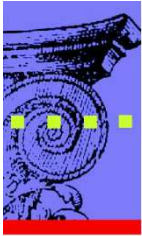
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## REDE HORIZONTAL



- triangulação
- poligonação
- Doppler
- GPS





UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

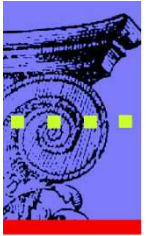
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## REDE VERTICAL

- Conta hoje com  $\approx 69000$  estações (nem todas existem fisicamente hoje em dia)





UFPR

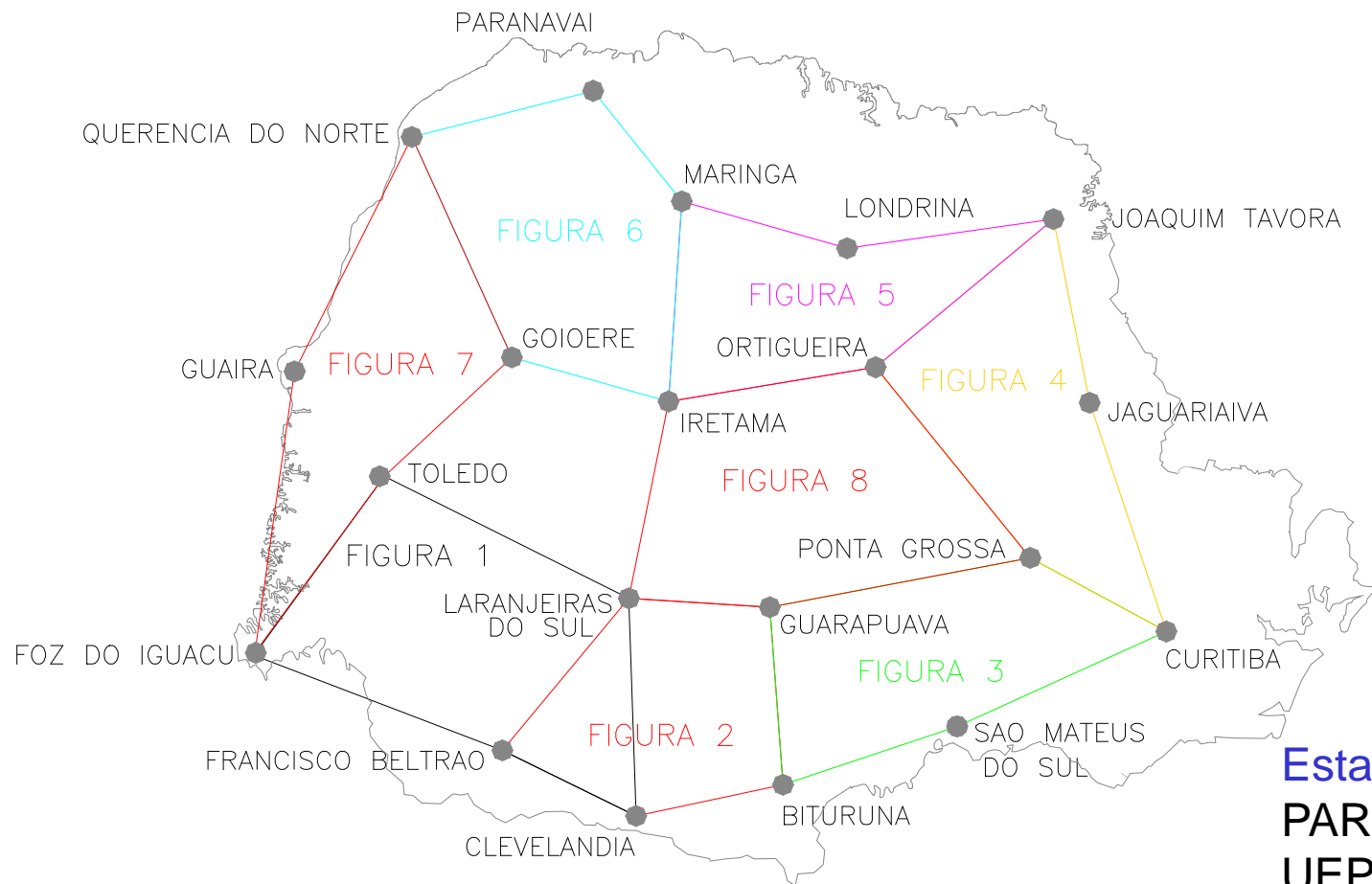
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

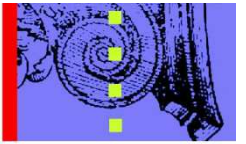
## REDE GEODÉSICA GPS DE ALTA PRECISÃO DO PARANÁ

Jra

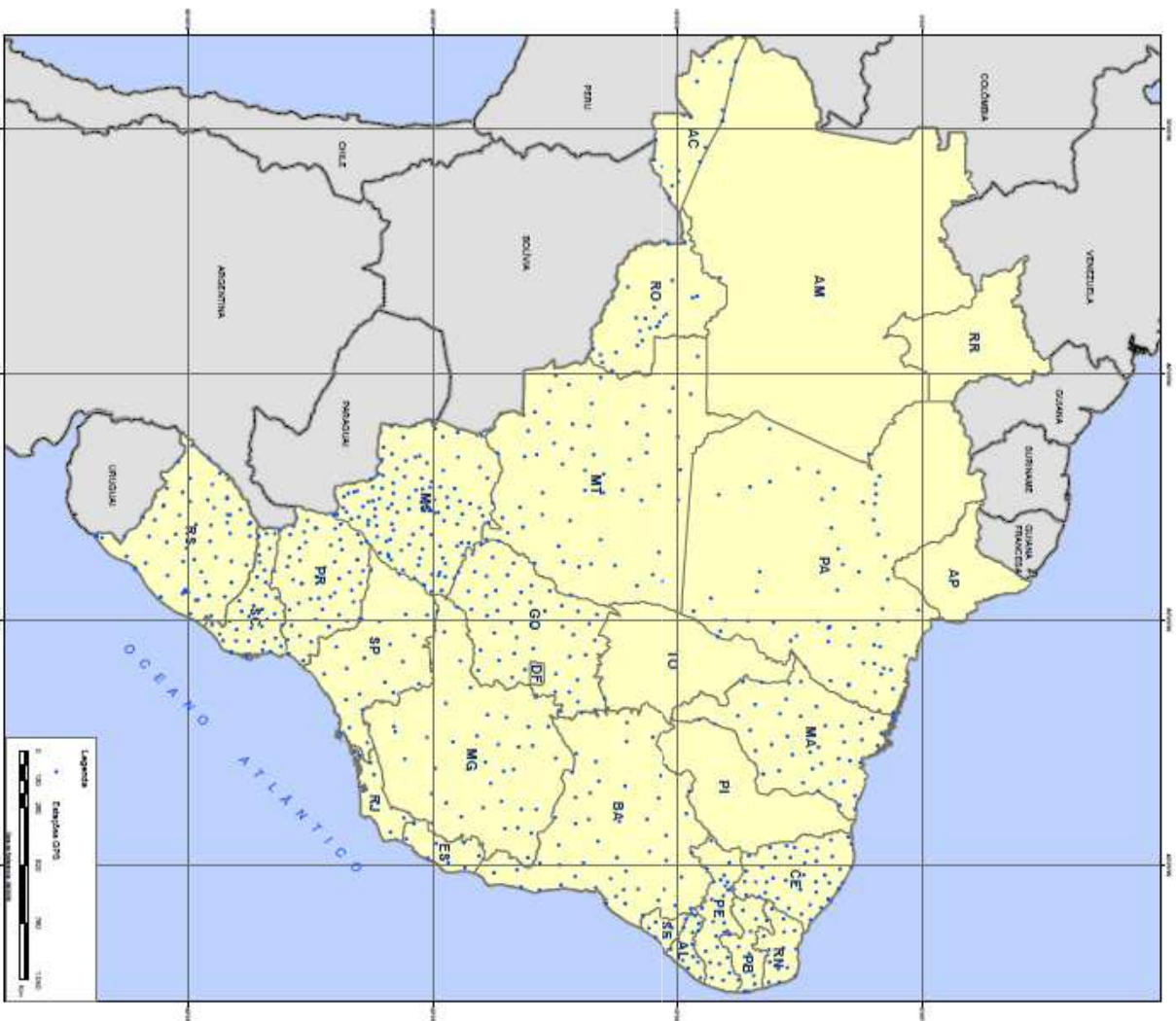
- 20 estações – aprox. 60 km de abrangência



Estações de Referência  
PARA  
UEPP



## Redes Estaduais GPS





Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE  
 Diretoria de Geociências - DGC  
 Coordenação de Geodésia - CGED

# REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DOS SISTEMAS GNSS (RBMC)

# MAS GEODÉSICOS DE (R) MODERNOS

## RBMC



Crédito: LAGEH

Conceito de Rede ativa:  
 - usuário necessita de apenas 1 receptor para o posicionamento relativo



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE  
Diretoria de Geociências - DGC  
Coordenação de Geodésia - CGED

## ESTAÇÕES DISPONÍVEIS NO SERVIÇO RBMC-IP



### Legenda

- Estações para pós-processamento e em tempo real (112)
- Estações somente para pós-processamento (34)

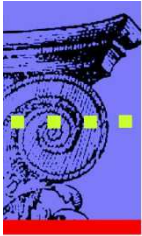
0 120 240 480 720 960  
Quilômetros

Atualizado em 09/03/2018

## MAS GEODÉSICOS DE Rs) MODERNOS

### RBMC - IP

Serviço para posicionamento em tempo real a partir de 112 estações da RBMC (recepção de dados e correções diferenciais via internet). O serviço é gratuito mediante cadastro.

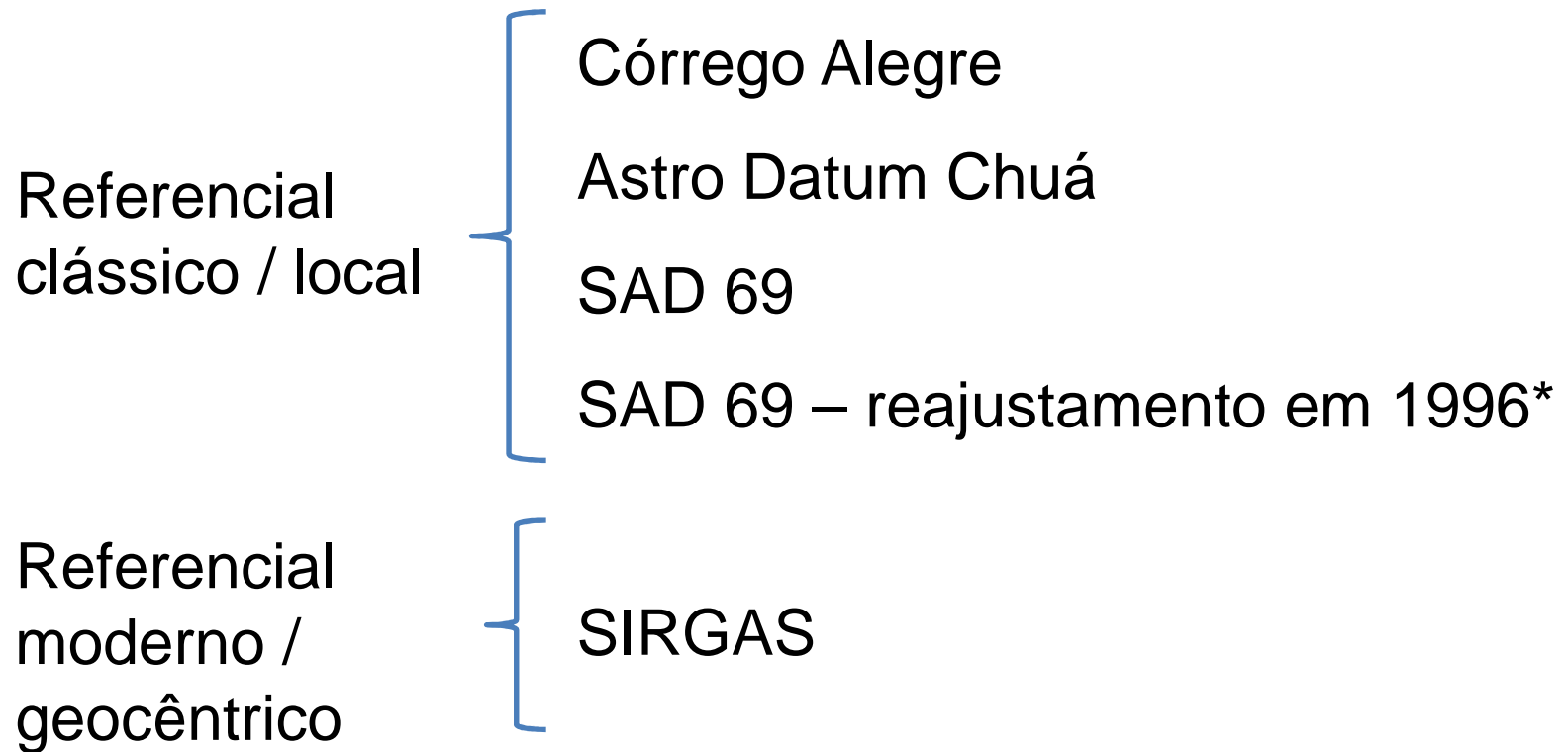


UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

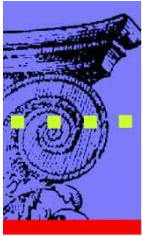
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## SGB: HISTÓRICO COM RELAÇÃO AOS SGRs ENVOLVIDOS



\* Nova realização do SGR SAD69



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## SISTEMA COM DATUM CÓRREGO ALEGRE

- Oficialmente adotado da década de 50 até a de 70
- Parâmetros definidores

Elipsóide de Hayford 1924

$$a = 6\,378\,388 \text{ m}$$

$$f = 1/297$$

Datum

{ Córrego Alegre

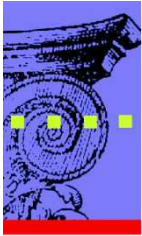
Orientação

$$\xi = \eta = 0''$$

$$\Delta N = 0,0 \text{ m} \rightarrow h = H = 683,81 \text{ m}$$

$$\Phi = \varphi_{\text{Córrego Alegre}} = -19^{\circ} 50' 14,91''$$

$$\Lambda = \lambda_{\text{Córrego Alegre}} = -48^{\circ} 57' 41,98''$$



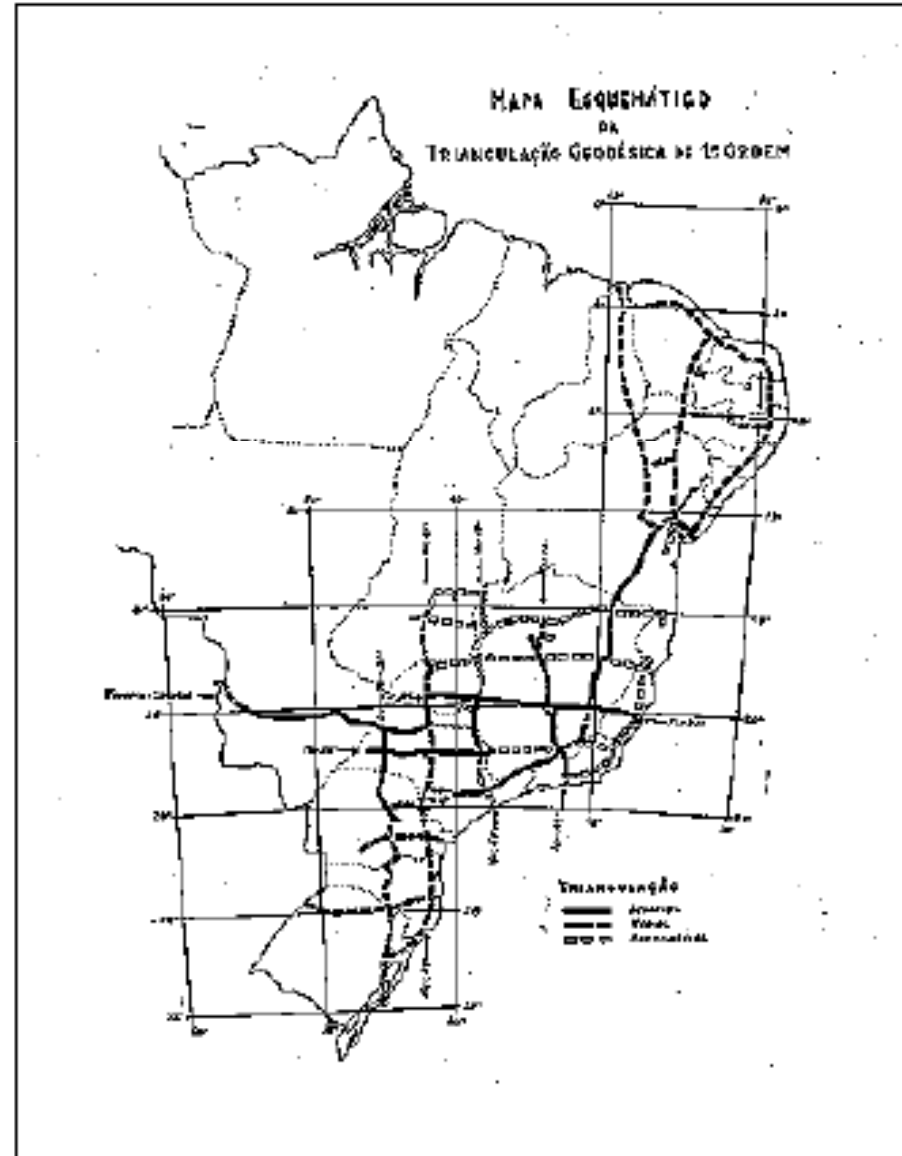
UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

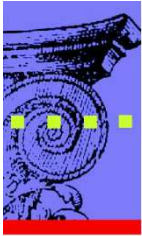
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## SISTEMA COM DATUM CÓRREGO ALEGRE







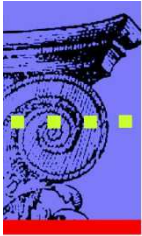
UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

## OUTROS SISTEMAS

- Na América do Sul: PSAD-56 com origem em La Canoa (Venezuela)
- No Brasil: Chuá Astro Datum



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

### DATUM SUL AMERICANO DE 1969 – SAD 69

- Oficialmente adotado no final da década de 70
- Parâmetros definidores

Elipsóide Intern. 1967

$$a = 6\,378\,160,0 \text{ m}$$

$$f = 1/298,25$$

Orientação

$$\xi = 0,31''$$

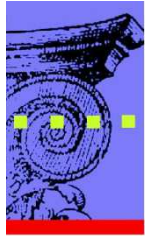
$$\eta = -3,52''$$

$$\Delta N = 0,00 \text{ m}$$

$$\varphi_{\text{Chuá}} = -19^{\circ} 45' 41,6527''$$

$$\lambda_{\text{Chuá}} = -48^{\circ} 06' 04,0639''$$

$$Az_{\text{Chuá-Uberaba}} = 271^{\circ} 30' 04,05''$$



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

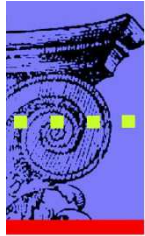
---

## DATUM SUL AMERICANO DE 1969 – SAD 69

- As técnicas mais precisas como Doppler e GPS começaram a ser adotadas na expansão das redes
- Porém as redes GPS eram distorcidas quando suas coordenadas eram convertidas para o referencial clássico



Verificou-se a necessidade de um novo ajustamento com caráter global e integrado às observações GPS



UFPR

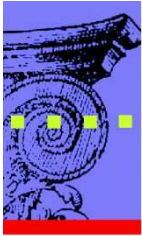
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## SAD 69 – REALIZAÇÃO 1996

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

- Projeto de Reajustamento da Rede Geodésica Planimétrica Brasileira, criado pelo IBGE, iniciou em 1985 até 1996, por meio de um convênio técnico científico entre o IBGE e o Canadá
- Pela primeira vez na história geodésica do Brasil, todas as observações que compõem a rede planimétrica (obtidas pelos métodos clássicos e espaciais) foram ajustadas simultaneamente
- Ajuste simultâneo com todas as observações da rede (exemplo: direções horizontais, bases geodésicas, azimutes astronômicos, observações Doppler e GPS)
- As medidas GPS foram ponderadas de acordo com suas precisões



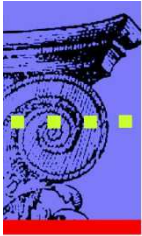
UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

## SAD 69 – REALIZAÇÃO 1996

- 1997 – divulgação das coordenadas na nova realização + desvio padrão - sem mudar a nomenclatura
- Proporcionou ao usuário o conhecimento acerca da confiabilidade das estações
- Valor médio do desvio padrão após o ajustamento
  - 10 cm para as estações GPS
  - 50 cm para as estações da rede clássica



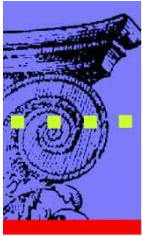
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## UFPR SIRGAS: Histórico na América do Sul

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

- **Anos 80**: instalação de redes de controle geodinâmico utilizando GPS (Venezuela, Equador, Peru, Chile entre outros)
- **Junho 1993**: Pesquisa da DGFI sobre o interesse em unificar os sistemas de referência
- **Outubro 1993**: Criação do Projeto SIRGAS
- **Mai 1995**: Primeira campanha
- **1995-1997**: Processamento dos dados (DGFI, NIMA hoje NGA)
- **Setembro 1997**: Criação do GT-III Datum Vertical
- **Mai 2000**: Segunda campanha
- **Janeiro 2001**: Recomendação de adoção por parte da Conferência Cartográfica das Nações Unidas
- **Fevereiro 2001**: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

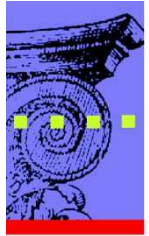
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

## SIRGAS

### OBJETIVOS

- Definir um SGR geocêntrico para a América do Sul  
(eixos coordenados baseados no ITRS e parâmetros do elipsóide GRS80)
- Estabelecer e manter uma rede de referência  
(densificação do ITRF na América do Sul)



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

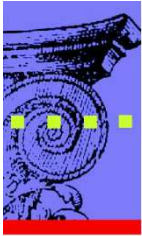
## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

### SIRGAS - REALIZAÇÃO INICIAL (baseada em campanha de rastreo por tempo determinado)

- 58 estações na América do Sul, 11 no Brasil sendo 9 coincidentes com estações da RBMC
- Foram utilizados receptores geodésicos (L1 e L2)
- Campanha realizada de 26 de maio a 4 de junho de 1995 – coordenadas referidas ao ITRF94, época 1995,4
- Processamentos no DGFI e NIMA\*

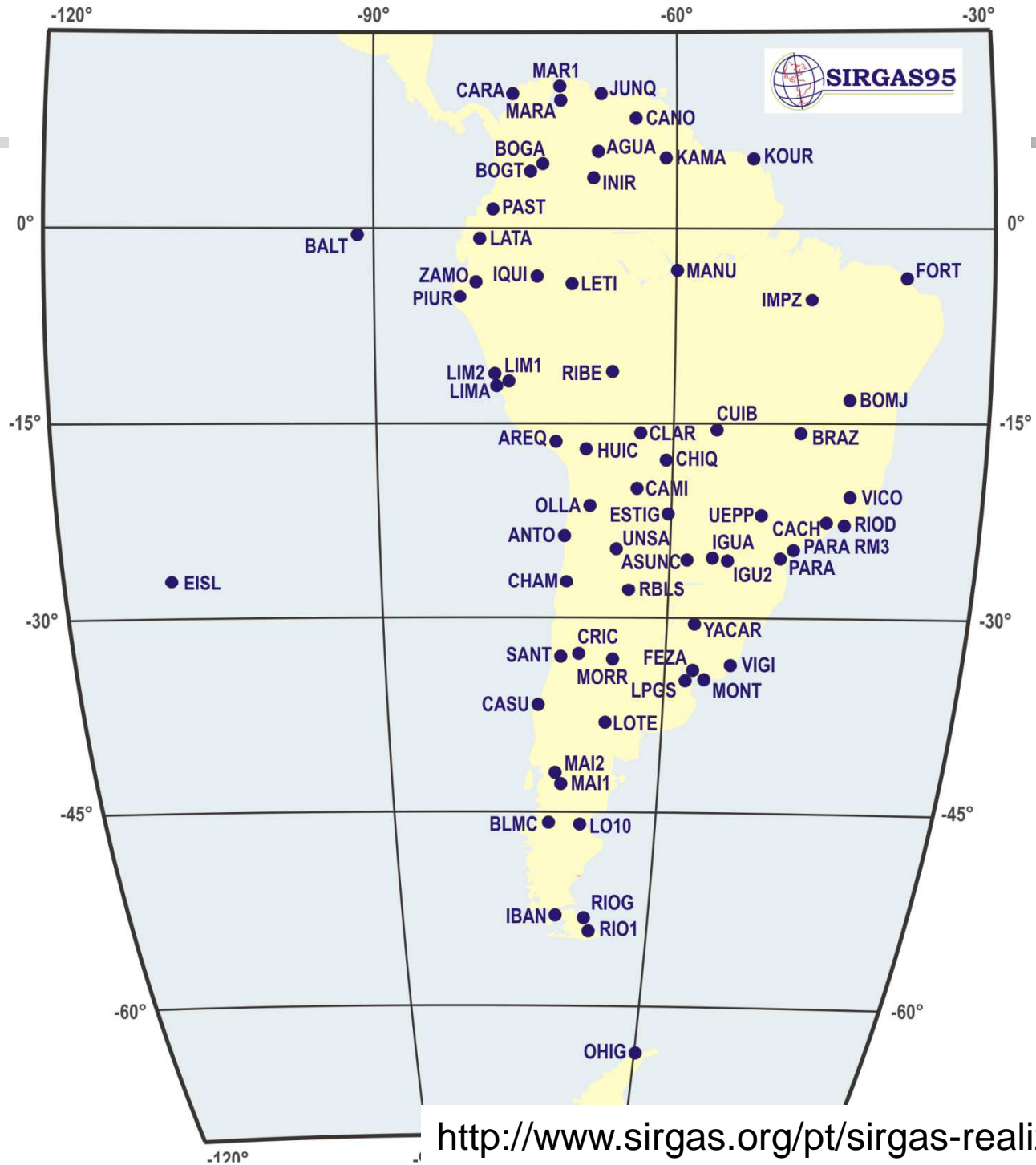
\* [DGFI](#) (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut) e **NIMA** (US National Imagery and Mapping Agency, atual [NGA](#): National Geospatial-Intelligence Agency).



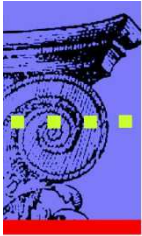


**UFPR**  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura



<http://www.sirgas.org/pt/sirgas-realizations/sirgas95/>



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

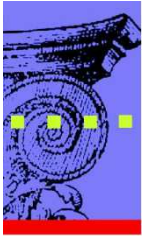
## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

### SIRGAS - REALIZAÇÃO 2000 (baseada em campanha de rastreo por tempo determinado)

- 184 estações no continente americano
- Campanha realizada de 10 a 19 de maio de 2000 – coordenadas referidas ao ITRF2000, época 2000,4
- Processamentos no IBGE, DGFI e BEK\*

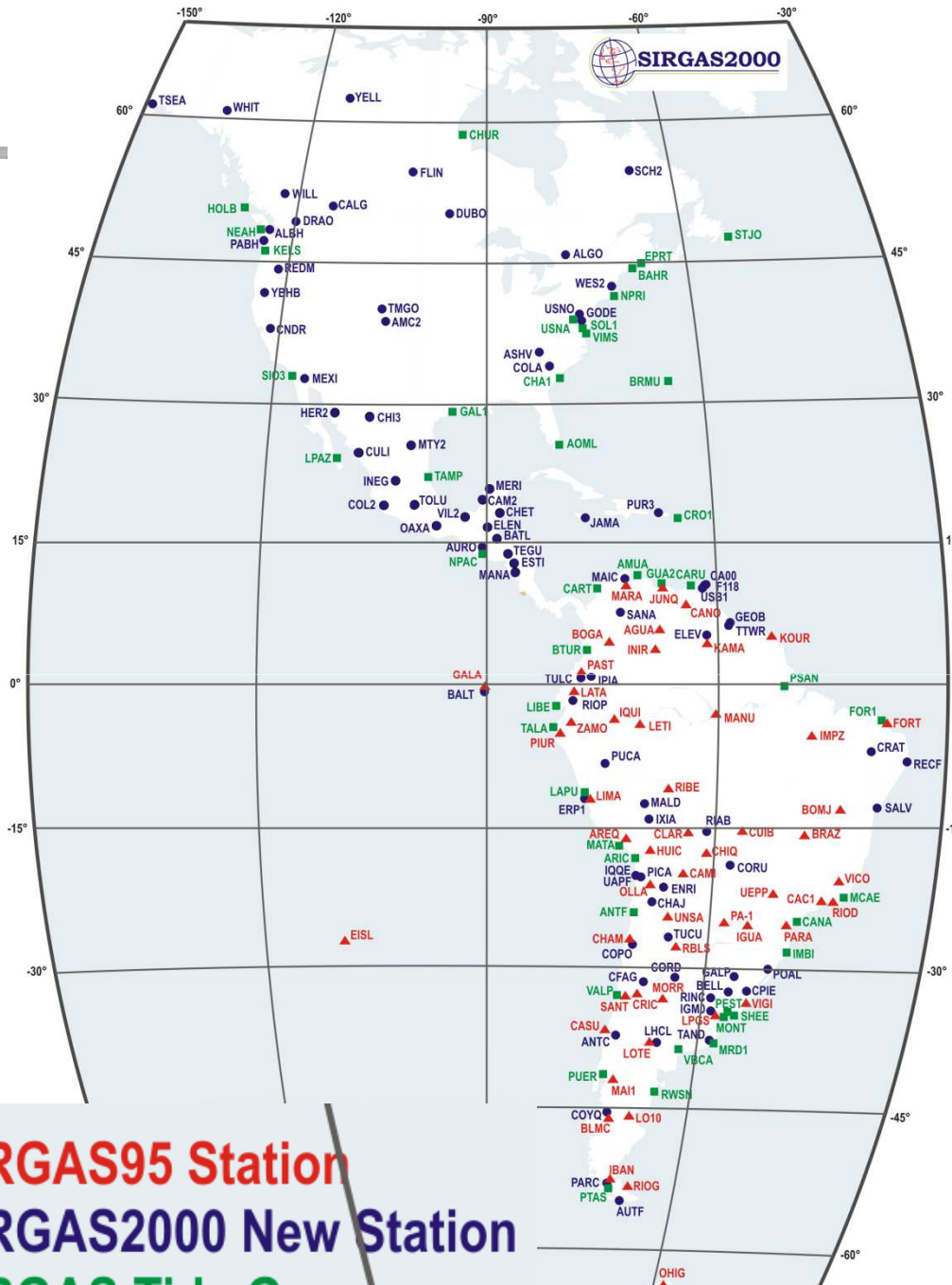
\* [DGFI](#) (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut), [IBGE](#) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e [BEK](#) (Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung), atual [Kommission für Erdmessung und Glaziologie](#) (KEG)



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

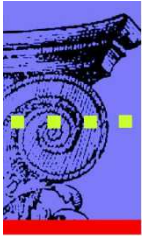
Eng. Cartográfica e de Agrimensura



# DÉCISOS DE RNOS

- ▲ SIRGAS95 Station
- SIRGAS2000 New Station
- SIRGAS Tide Gauge

<http://www.sirgas.org/pt/sirgas-realizations/sirgas2000/>



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

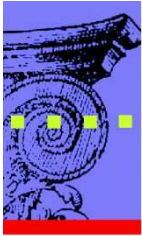
Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

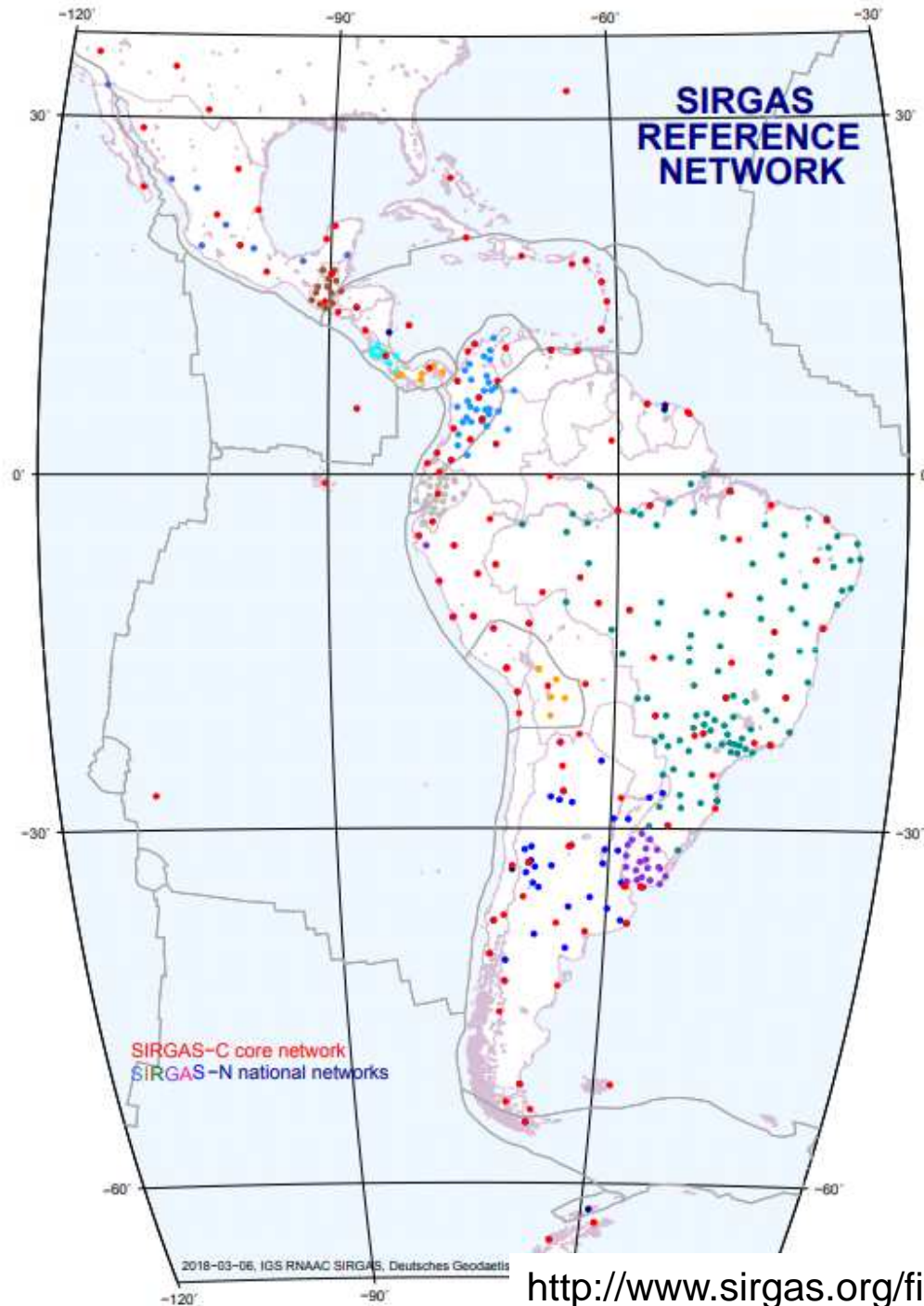
## SIRGAS-CON (realização atual)

- $\approx$  400 estações de monitoramento contínuo
- Dados continuamente processados pelos Centros de Análises SIRGAS – fornecem soluções multianuais (1-2 anos) e soluções semanais



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

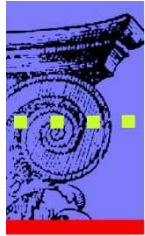
Eng. Cartográfica e de Agrimensura



## EODÉSICOS DE DERNOS

---

<http://www.sirgas.org/fileadmin/images/SIRGAS-CON-D.pdf>



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

### 4.4 – Conversão e Integração entre Redes Geodésicas de Referência;

#### RELAÇÃO CÓRREGO ALEGRE – SAD 69

- Parâmetros de transformação na PR 22 de 21 de julho de 1983: (Córrego para SAD69 – realização inicial)

Translação em X ( $\Delta X$ ) = -138,70 m

Translação em Y ( $\Delta Y$ ) = 164,40 m

Translação em Z ( $\Delta Z$ ) = 34,40 m

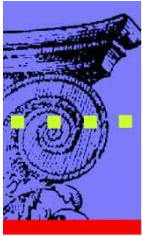
- (SAD69 para Córrego)

precisão?

Translação em X ( $\Delta X$ ) = 138,70 m

Translação em Y ( $\Delta Y$ ) = -164,40 m

Translação em Z ( $\Delta Z$ ) = -34,40 m



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## RELAÇÃO CÓRREGO ALEGRE – SAD 69

- Modelo matemático: Equações diferenciais simplificadas de *Molodensky*

$$\Delta\varphi^0 = \frac{1}{M_1} \left\{ (a_1\Delta f + f_1\Delta a)\text{sen}2\varphi_1 - \Delta X\text{sen}\varphi_1 \cos \lambda_1 - \Delta Y\text{sen}\varphi_1\text{sen}\lambda_1 + \Delta Z \cos \varphi_1 \right\} \frac{180}{\pi}$$

$$\Delta\lambda^0 = \frac{1}{N_1 \cos \varphi_1} \left\{ -\Delta X\text{sen}\lambda_1 + \Delta Y \cos \lambda_1 \right\} \frac{180}{\pi}$$

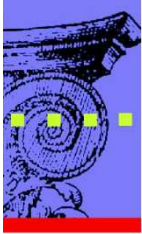
$$\Delta N = (a_1\Delta f + f_1\Delta a)\text{sen}^2\varphi_1 - \Delta a + \Delta X \cos \varphi_1 \cos \lambda_1 + \Delta Y \cos \varphi_1\text{sen}\lambda_1 + \Delta Z\text{sen}\varphi_1$$

$$\varphi_2^0 = \varphi_1^0 + \Delta\varphi^0$$

$$\lambda_2^0 = \lambda_1^0 + \Delta\lambda^0$$

$$N_1 = \frac{a_1}{(1 - e_1^2 \text{sen}^2 \varphi_1)^{1/2}}$$

$$M_1 = \frac{N_1}{1 + e_1'^2 \cos^2 \varphi_1} = \frac{a_1(1 - e_1^2)}{(1 - e_1^2 \text{sen}^2 \varphi_1)^{3/2}}$$



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

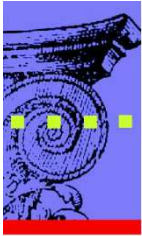
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

---

## RELAÇÃO SAD 69 – SAD 69 (1996)

- Não existem parâmetros de transformação





UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

### RELAÇÃO WGS 84 – SAD 69

- Parâmetros de transformação na Resolução 23 de 21 de fevereiro de 1989, que altera o Apêndice II da PR 22: (WGS84 para SAD69)

Translação em X ( $\Delta X$ ) = 66,87 m  $\pm$  0,43 m

Translação em Y ( $\Delta Y$ ) = -4,37 m  $\pm$  0,44 m

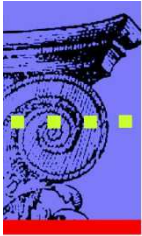
Translação em Z ( $\Delta Z$ ) = 38,52 m  $\pm$  0,40 m

(SAD69 para WGS84) realização inicial – estação Chuá

Translação em X ( $\Delta X$ ) = -66,87 m  $\pm$  0,43 m

Translação em Y ( $\Delta Y$ ) = 4,37 m  $\pm$  0,44 m

Translação em Z ( $\Delta Z$ ) = -38,52 m  $\pm$  0,40 m



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

Sequência de cálculo para a transformação:

$$X_1 = (N_1 + h_1) \cos \varphi_1 \cos \lambda_1$$

$$Y_1 = (N_1 + h_1) \cos \varphi_1 \operatorname{sen} \lambda_1$$

$$Z_1 = [N_1(1 - e_1^2) + h_1] \operatorname{sen} \varphi_1$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y$$

$$Z_2 = Z_1 + \Delta Z$$

$$\varphi_2 = \arctan \left( \frac{Z_2 + e_2'^2 b_2 \operatorname{sen}^3 u}{(X_2^2 + Y_2^2)^{1/2} - e_2^2 a_2 \cos^3 u} \right)$$

$$\lambda_2 = \arctan \left( \frac{Y_2}{X_2} \right)$$

(para o quadrante em que se situa o Brasil)

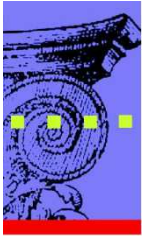
$$h_2 = \frac{(X_2^2 + Y_2^2)^{1/2}}{\cos \varphi_2} - N_2$$

Onde  $u$  é a latitude reduzida

$$\operatorname{sen} u = \frac{\operatorname{tgu}}{(1 + \operatorname{tg}^2 u)^{1/2}}$$

$$\operatorname{cos} u = \frac{1}{(1 + \operatorname{tg}^2 u)^{1/2}}$$

$$\operatorname{tgu} = \frac{Z_2}{(X_2^2 + Y_2^2)^{1/2}} \frac{a_2}{b_2}$$



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## RELAÇÃO SAD 69 - SIRGAS

- Parâmetros de transformação (SAD69 para SIRGAS) estimados com base em 63 estações GPS (Resolução PR nº 1, de 25/02/2005)

Translação em X ( $\Delta X$ ) = -67,35 m

Translação em Y ( $\Delta Y$ ) = 3,88 m

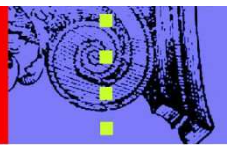
Translação em Z ( $\Delta Z$ ) = -38,22 m

(SIRGAS para SAD69)

Translação em X ( $\Delta X$ ) = 67,35 m

Translação em Y ( $\Delta Y$ ) = -3,88 m





Translação em Z ( $\Delta Z$ ) = 38,22 m

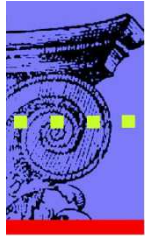


UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

# Eng. Cartográfica e de Agrimensura

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA					
 <b>IBGE</b> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística					
 <b>ORDEM E PROGRESSO</b>					
ENGLISH  ESPANHOL					
ACESSO À INFORMAÇÃO 					
Indicadores	População	Economia	Geociências	Canais	Download
<b>Geodésia</b>					
<b>Introdução</b>					
SGB					
▶ <b>Introdução</b>					
▶ Rede Planimétrica					
▶ Rede Altimétrica					
▶ Rede Gravimétrica					
▶ Redes Estaduais GPS					
▶ Banco de Dados					
▶ Modelo Geoidal					
PPP					
▶ <b>Introdução</b>					
RBMC					
▶ <b>Introdução</b>					
▶ Estações					
▶ Informações					
▶ Download					
▶ RBMC-IP					
▶ PPP em tempo real					
▶ Análise dos dados					
▶ Cadastro e Renovação					
▶ Parcerias					
RMPG					
▶ <b>Introdução</b>					
▶ Estações					
▶ Download					
SIRGAS					
▶ <b>Centro de Análise</b>					



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

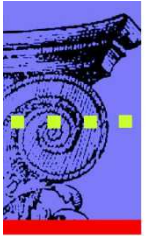
## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

### 4.5 – Variação temporal das coordenadas: época de referência.

- A resolução de adoção do SIRGAS indica que para aplicações de alta precisão deve-se utilizar o campo de velocidades disponibilizado para a América do Sul. O uso deste campo de velocidades, disponível em [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org), permite atualizar as coordenadas de uma estação da época de referência (2000,4) para outra época qualquer



Procedimento necessário quando da implantação de novas estações via rastreamento GNSS e vinculadas à Rede de Referência SIRGAS



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

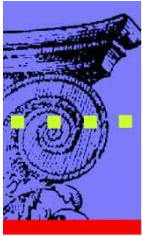
## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

Procedimento para o cálculo de novas coordenadas  
(OBS: mesmo referencial porém épocas diferentes)

- Transformar as coordenadas das estações de referência da época de definição ( $t_0$ ) até a época atual (do rastreamento) ( $t_k$ )
- Realizar o processamento, cálculo das novas coordenadas
- Transformar as coordenadas para a época  $t_0$

Conhecer a variação das coordenadas devido a movimentos da crosta terrestre

Teoria da tectônica de placas



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## Procedimento para o cálculo de novas coordenadas

Definição do SGR

Realização SGR

Conj de coordenadas na época  $t_0$  -  $X_i(t_0)$  (pontos que servem como referência à novos levantamentos)

Atualizar as coordenadas da estação i (estação de referência)

$$X_i(t_k) = X_i(t_0) + \frac{dX_i}{dt}(t_k - t_0)$$

Rastreio de uma nova estação j na época  $t_k$

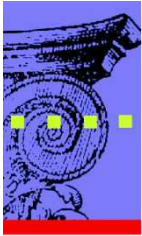
Processamento dos dados

Cálculo das coordenadas dos novos pontos na época  $t_k$   
 $X_j(t_k)$

Cálculo das coordenadas dos novos pontos na época de referência  $t_0$

$X_j(t_0)$

$$X_j(t_0) = X_j(t_k) + \frac{dX_j}{dt}(t_k - t_0)$$



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## Procedimento para o cálculo de novas coordenadas

Atualizar as coordenadas da estação i (estação de referência)

$$X_i(t_k) = X_i(t_0) + \frac{dX_i}{dt}(t_k - t_0)$$

Necessidade de conhecer a velocidade da estação de referência

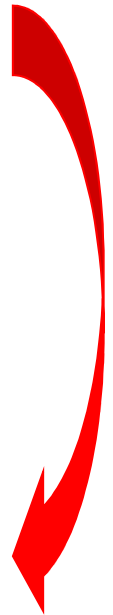
Cálculo das coordenadas dos novos pontos na época de referência  $t_0$

$X_j(t_0)$

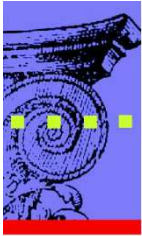
$$X_j(t_0) = X_j(t_k) + \frac{dX_j}{dt}(t_k - t_0)$$

O problema é conhecer a variação das coordenadas (velocidades) das estações novas (velocidade esta que não é medida)

Estabelecimento de modelos que descrevam a cinemática das placas







UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

## REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

**OBSERVAÇÃO:** Procedimento para o cálculo de novas coordenadas

Atualizar as coordenadas da estação  $i$  (estação de referência)

$$X_i(t_k) = X_i(t_0) + \frac{dX_i}{dt}(t_k - t_0)$$

Necessidade de conhecer a velocidade da estação de referência

**OBS:** As soluções semanais das estações da rede SIRGAS-CON são soluções “atualizadas”. Desta forma, se uma estação de monitoramento contínuo SIRGAS-CON for utilizada como estação de referência para o posicionamento GNSS não é necessário fazer a redução para a época do levantamento, basta utilizar a respectiva solução semanal → porém as coordenadas estão vinculadas a uma materialização atual do SGR – CUIDADO!!!

Home

Novidades

Organização +

Sistema de referência  
SIRGAS

Realizações SIRGAS +

Rede SIRGAS-CON +

Modelo de velocidade  
VEMOS +

**Uso de velocidades no  
GNSS**

Mapas da ionosfera

SIRGAS-RT

Redes nacionais

Simpósios SIRGAS

Escolas SIRGAS

Publicações

Apresentações

Web, Links & Contato +

## Uso de velocidades no processamento de dados GNSS

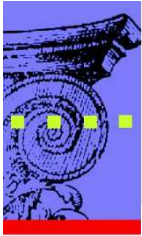
O processamento preciso de dados GNSS requer que as coordenadas das estações de referência estejam referenciadas na mesma época do levantamento e que estejam associadas ao mesmo sistema de referência das órbitas dos satélites. As coordenadas semanais das estações de monitoramento contínuo do SIRGAS (**SIRGAS-CON**) satisfazem estas duas condições e, como consequência, se recomenda utilizar estes pontos e suas coordenadas semanais como estações de referência nos levantamentos GNSS na região do SIRGAS. Se a estação de referência em um levantamento não pertencer à rede SIRGAS-CON, será necessário realizar os procedimentos a seguir:

1. Transformação das coordenadas da estação de referência para o ITRF ao qual se referem as efemérides dos satélites. Atualmente, as coordenadas SIRGAS95 ou SIRGAS2000 devem ser transformadas do ITRF94 ou ITRF2000 (respectivamente) para o ITRF2014 (IGS14) (parâmetros de transformação entre ITRFs).
2. Redução das coordenadas fiduciais da época de referência para a época da observação, ou seja, as coordenadas associadas ao SIRGAS95 devem ser transladadas da época 1995.4 até o dia do levantamento GNSS, por exemplo 2018.0. De forma similar, as coordenadas associadas ao SIRGAS2000 devem transladadas da época 2000.4 até 2018.0. Esta translação é realizada por:

$$X(t) = X(t_0) + (t - t_0) * V_x ; Y(t) = Y(t_0) + (t - t_0) * V_y ; Z(t) = Z(t_0) + (t - t_0) * V_z$$

donde X(t), Y(t), Z(t) representam as coordenadas na época desejada, X(t<sub>0</sub>), Y(t<sub>0</sub>), Z(t<sub>0</sub>) as coordenadas na época de referência, (t - t<sub>0</sub>) o intervalo de tempo transcorrido entre a realização do sistema de referência e o levantamento GNSS e V<sub>x</sub>, V<sub>y</sub>, V<sub>z</sub> as velocidades da estação de referência.

3. As velocidades V<sub>x</sub>, V<sub>y</sub>, V<sub>z</sub>, das estações de referência, devem ser obtidas, preferencialmente, das análises de



UFPR

Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

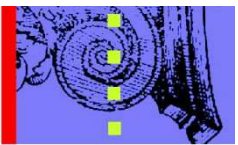
3. As velocidades  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ , das estações de referência, devem ser obtidas, preferencialmente, das análises de posicionamentos GNSS contínuos ou repetitivos que cubram um intervalo de tempo mínimo de dois anos. Se as velocidades da estação de referência não são conhecidas, o modelo de velocidades para o SIRGAS (VEMOS) pode ser utilizado.
4. Uma vez que as coordenadas de referência se encontrem na época da observação, se executa o processamento dos pontos GNSS novos.
5. As coordenadas dos pontos novos devem ser reduzidas da época da observação para a época de referência (ver item 2), quer seja utilizando as velocidades conhecidas de um ponto muito próximo, ou as velocidades do modelo VEMOS.
6. Finalmente, as coordenadas dos pontos novos devem ser transformadas para o sistema de referência oficial, ou seja, do ITRF2014 (IGS14) para o SIRGAS95 (ITRF94), SIRGAS2000 (ITRF2000), etc. As coordenadas dos pontos novos devem ser armazenadas junto com os valores de velocidade utilizados para a redução para a época de referência e estas mesmas velocidades devem ser aplicadas para levar as coordenadas para a época do levantamento de novos pontos de referência em levantamentos GNSS posteriores. Aqueles pontos cujas velocidades não tenham sido derivadas por diferentes ocupações GNSS (ou de estações de monitoramento contínuo), mas interpoladas a partir do modelo VEMOS, não podem ser classificados como estação de referência.

Mais informações em: [Procesamiento de información GPS con relación a marcos de referencia de épocas diferentes](#) (H. Drewes).

Deve-se ter em mente que efeitos co-sísmicos (saltos) devem ser considerados com cálculos adicionais.

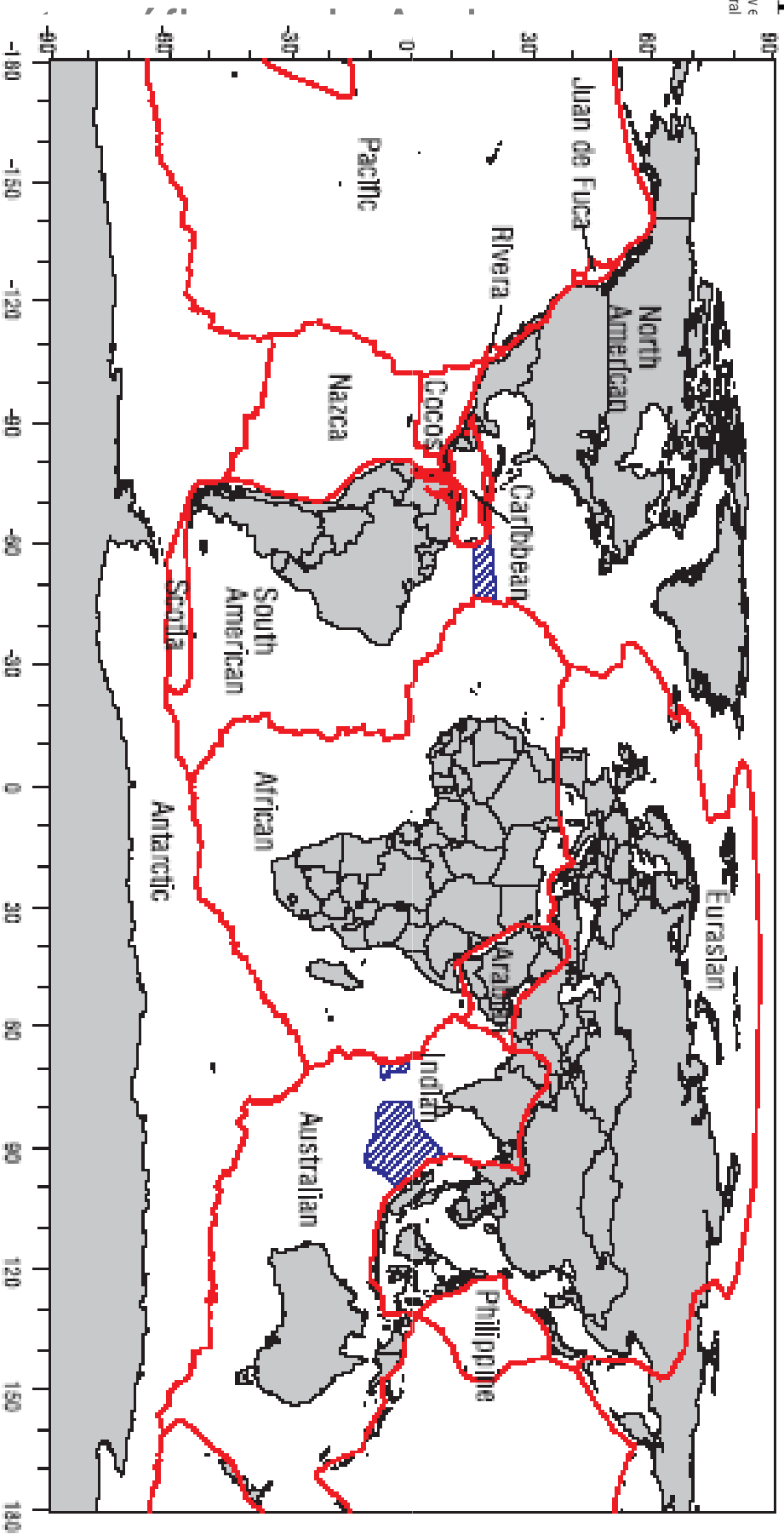
Ver: [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org)

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS



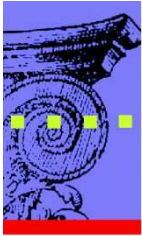
UPM

Unive  
Federal



Present-day Major Tectonic Plates and Plate Boundaries

Eng



UFPR

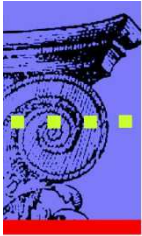
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## MODELOS GEOFÍSICOS

- Descreve a cinemática das placas por meio de observações geofísicas (velocidade de expansão do fundo oceânico, azimute das falhas localizadas nos oceanos, sismologia em terremotos)
- **Desvantagens**
  - Os dados são provenientes dos limites das placas que são áreas de grande deformação (não são representativos para toda a placa)
  - As velocidades são médias de tempos geológicos, será que são representativas para hoje?
  - Instabilidades provocadas por terremotos
  - Distribuição dos dados não é ótima



UFPR  
Universidade  
Federal do Paraná

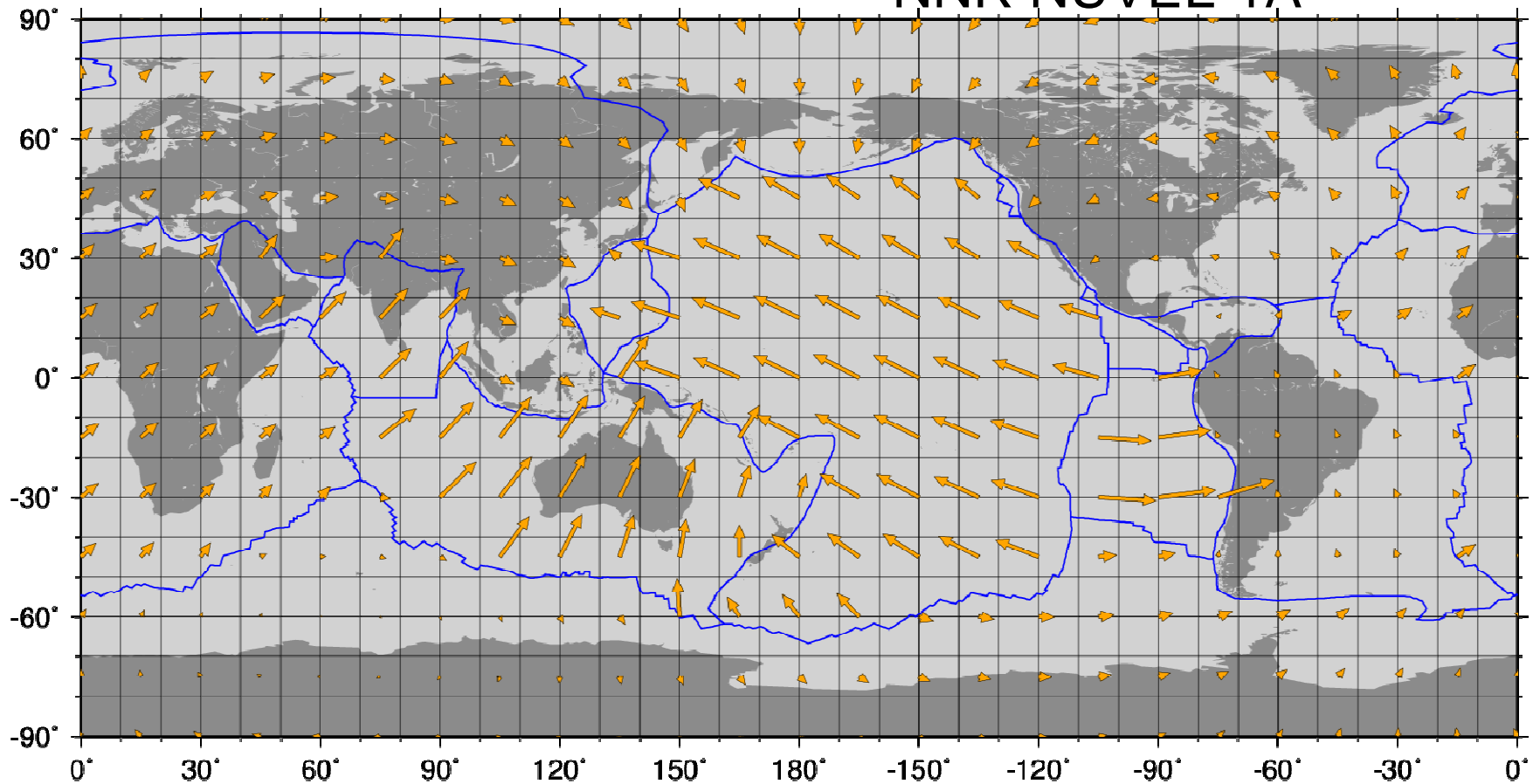
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## MODELOS GEOFÍSICOS

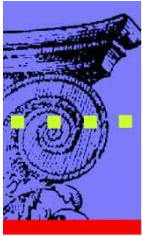
- Exemplos

- NUVEL-1

- NNR NUVEL-1A



Eng. Cartográfica e de Agrimensura



UFPR

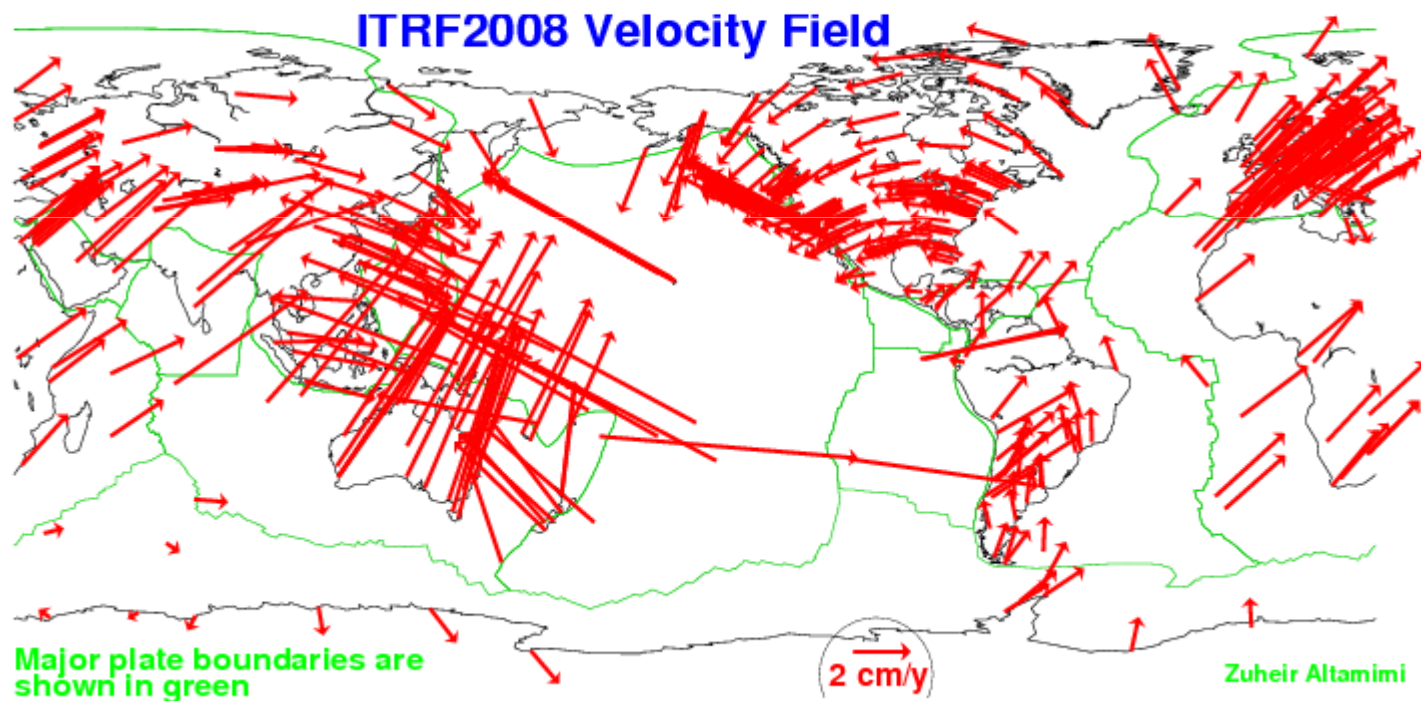
Universidade  
Federal do Paraná

Eng. Cartográfica e de Agrimensura

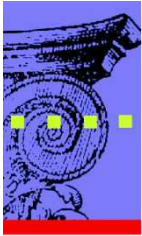
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## MODELOS GEODÉSICOS

Determinados a partir de posicionamento geodésico GNSS em pelo menos duas épocas distintas ou de forma contínua



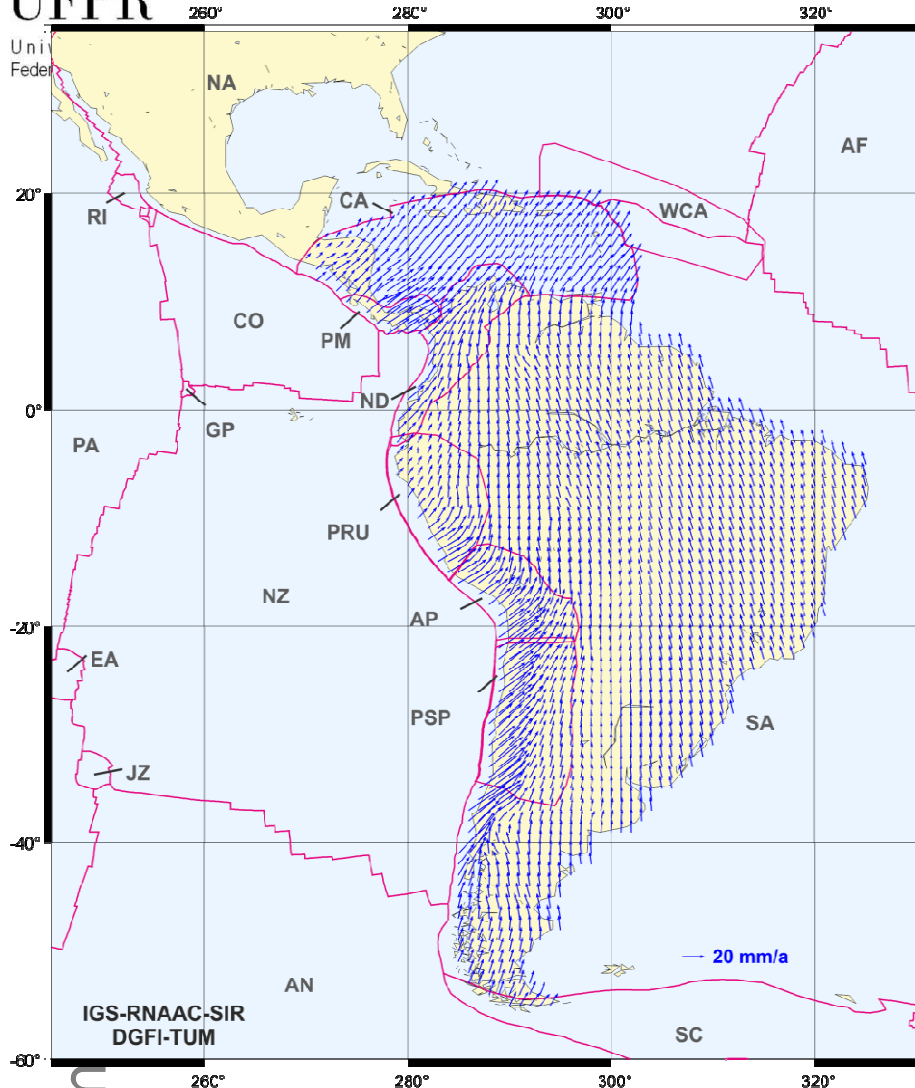
Fonte: [www.iers.org](http://www.iers.org)



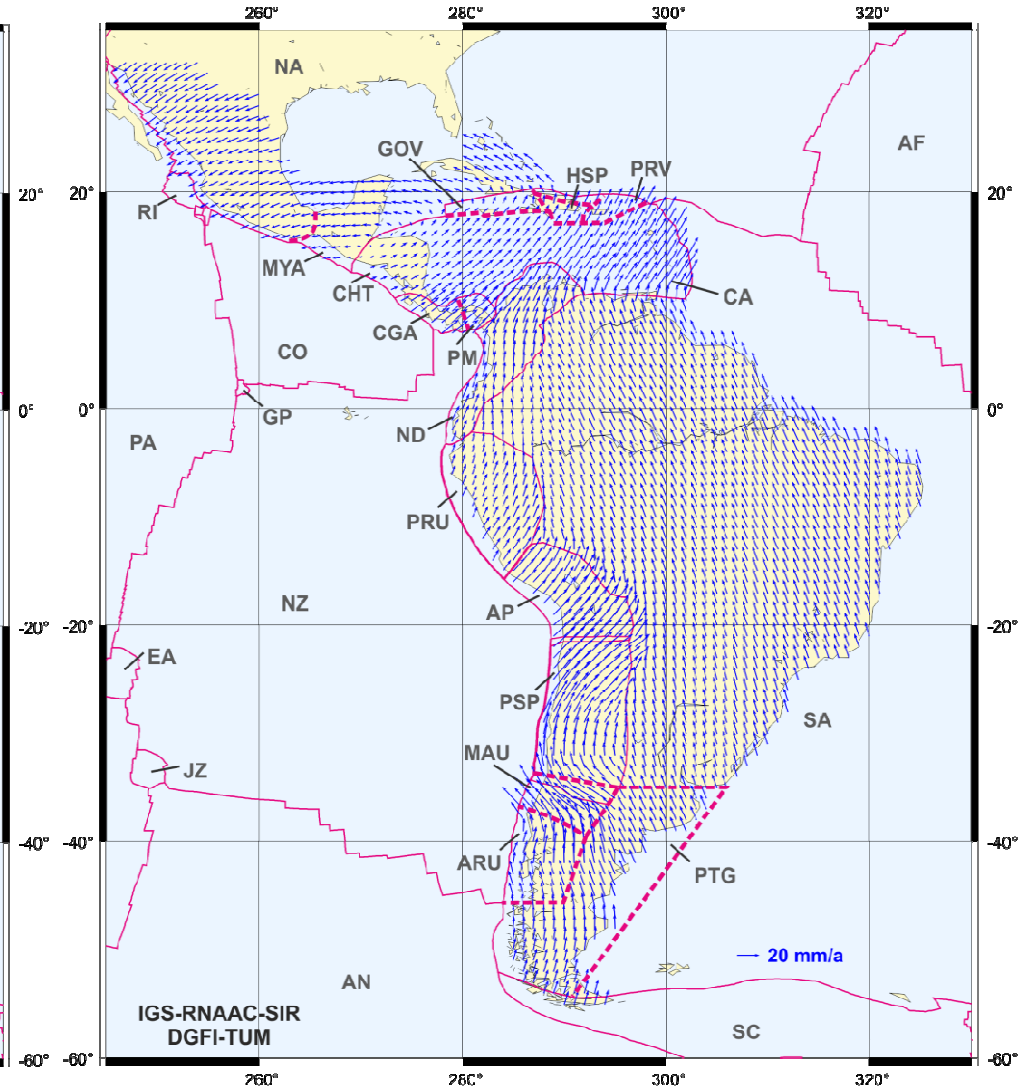
# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS

## MODELOS GEODÉSICOS

UFPR



VEMOS2009



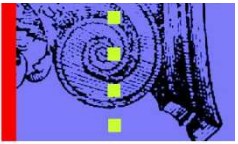
VEMOS2015

Fonte: [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org)

UFPR



# REALIZAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA (SGRs) MODERNOS



Universidade  
Federal do Paraná

## Exercício

Necessita-se calcular a posição da estação UFPR para a época  $t = 2010,35$ , a qual tem as seguintes coordenadas e velocidades para a época de definição  $t_0 = 2000,4$

$$\varphi_{t_0} = 25^{\circ}26'54,1269''S \quad v_{\varphi} = 0,0123m/a$$

$$\lambda_{t_0} = 49^{\circ}13'51,4372''W \quad v_{\lambda} = -0,0034m/a$$

Considere  $1'' \approx 30m$