



UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
DE PERNAMBUCO



Universidade Federal de Pernambuco – UFPE  
Centro de Tecnologias e Geociências – CTG  
Departamento de Engenharia Cartográfica  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da  
Geoinformação

**PGCGTG** Pós-Graduação em  
Ciências Geodésicas e  
Tecnologias da Geoinformação



# **IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE GNSS NO SÍTIO HISTÓRICO DE OLINDA - PE E CONTROLE ALTIMÉTRICO COM NIVELAMENTO GEOMÉTRICO DE ALTA PRECISÃO**

**Priscilla Heliênay Oliveira do Nascimento Pestana**  
**Prof.<sup>a</sup> Andréa de Seixas**  
**Prof.<sup>o</sup> Haroldo Marques**

PESTANA, P. H. O. N.  
priscillahelienay@Hotmail.com

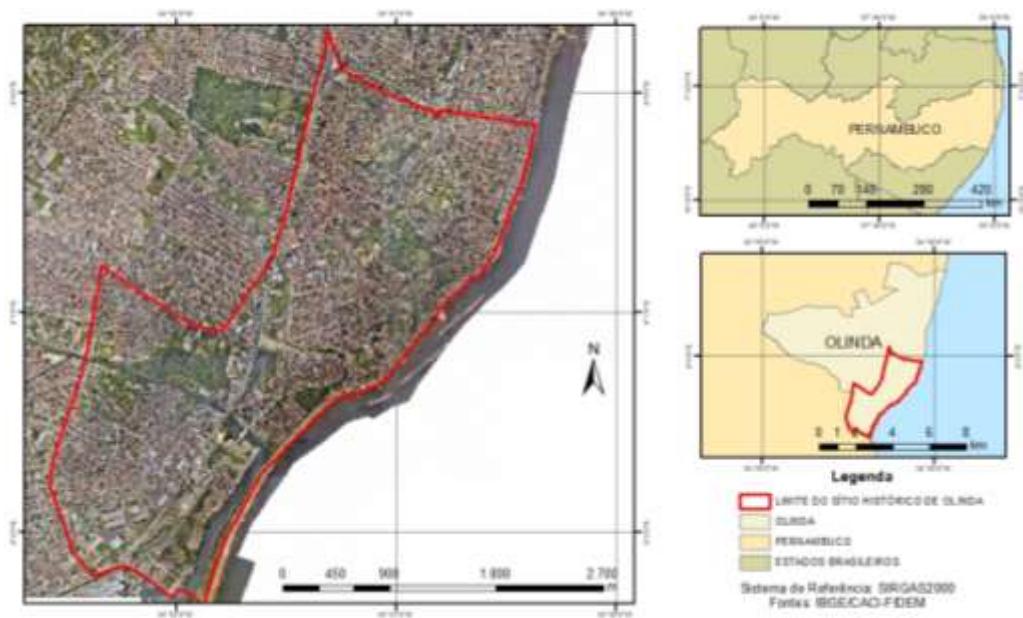


# Introdução

- As redes geodésicas são definidas como um conjunto de pontos acurados e materializados em superfície terrestre utilizados em diferentes ramos profissionais e de pesquisa em vista do seu padrão de exatidão planimétrico, altimétrico ou planialtimétrico representando uma referência para os posicionamentos geodésicos de alcance global, regional e local (TORGE, 2001).
- A implantação de estruturas geodésicas altimétricas é essencial aos projetos de engenharia;
- O Sítio Histórico de Olinda é uma área tombada pelo IPHAN;
- Desde de 2007 vem sendo implantadas infraestruturas geodésicas;
- Estabelecimento de padrões de referência GNSS/Nivelamento Geométrico que permitirá o desenvolvimento de um Modelo Geoidal Local acurado.

# Área de Estudo

## LOCALIZAÇÃO DO SÍTIO HISTÓRICO DE OLINDA



# Materiais



**Hiper II (Topcon)**



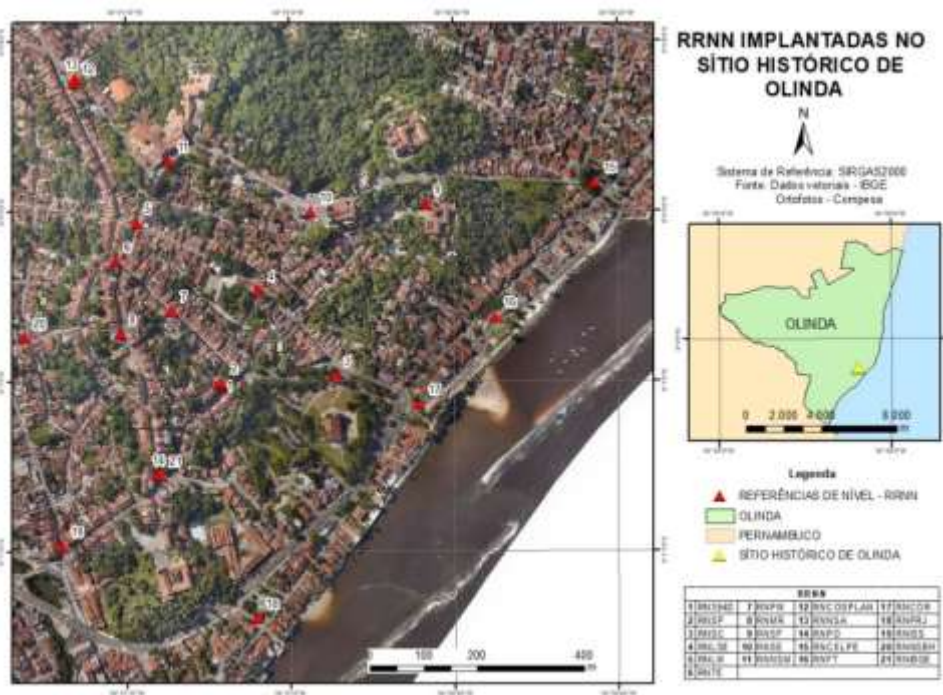
**Hiper V (Topcon)**



**Hiper Lite +  
(Topcon)**

- Equipamentos: Receptores GNSS (L1/L2) e nível digital DNA-03 Leica + mira de invar
- Softwares: Matlab (versão R2016a), Topcon Tools (versão 8.2), Topcon Link (versão 7.5.1).
- Apoio logístico e acessórios: Tripés, bases nivelantes, adaptadores base-receptor GNSS, trenas mm e cones de trânsito.

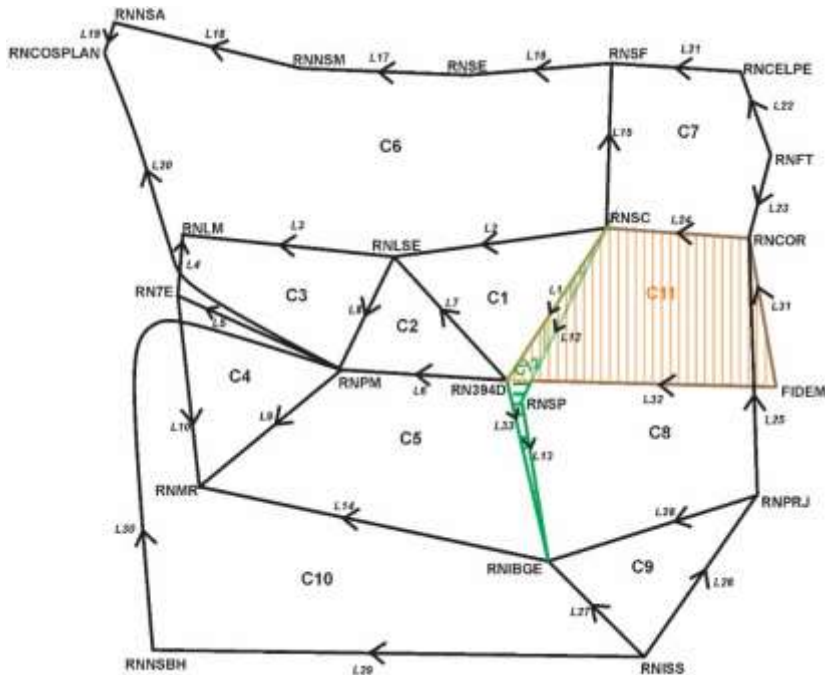
# Rede Geodésica Altimétrica Local



- **RN7E**
- **RNSP** → **Obstruídas**
- **RNPRJ**
- **RN IBGE**
- **RNCOSPLAN** → **Inacessíveis**
- **RNCELPE**
- **RN 394D**

RRNN			
1 RN394D	7 RRNPM	12 RNCOSPLAN	17 RNCOR
2 RNSP	8 RRNMR	13 RRNSA	18 RRNPRJ
3 RNSC	9 RNSF	14 RNPO	19 RRNISS
4 RNLS	10 RNSE	15 RNCELPE	20 RRNSBH
5 RNLM	11 RRNSM	16 RNFT	21 RRNBGE
6 RN7E			

# Reajustamento da Rede Geodésica Altimétrica Local



RN 3640L → RN 394D



$$H_{RN\ 394D}^{Ort.} = 15,92074\ m$$

$$H_{RN\ 394D}^N = 16,17094\ m$$

PESTANA, P. H. O. N.  
priscillahelienay@Hotmail.com

*MMQ – Modelo dos  
correlatos  
95% Nível de confiança  
1mm/km*



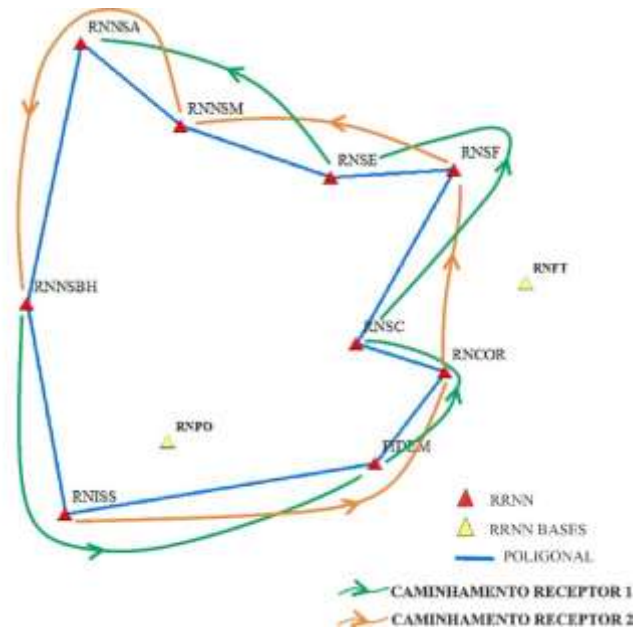
# Reajustamento da Rede Geodésica Altimétrica Local

Referência de Nível	Altitude Ortométrica ajustada	$\sigma$ (mm)	Referência de Nível	Altitude Ortométrica ajustada	$\sigma$ (mm)	Referência de Nível	Altitude Normal ajustada	$\sigma$ (mm)
RNSC	8,73437	±0,41	RNNSM	55,07986	±0,92	RNSC	8,98457	±0,41
RNLSE	18,55143	±0,41	RNNSA	30,21634	±0,88	RNLSE	18,80163	±0,41
RNLM	27,58545	±0,55	RNCOSPLA N	30,76818	±0,87	RNLM	27,83565	±0,55
RN7E	19,92425	±0,51	RNCELPE	5,35309	±0,83	RN7E	20,17445	±0,51
RNPM	19,07264	±0,42	RNFT	4,78510	±0,71	RNPM	19,32284	±0,42
RNMR	31,92194	±0,49	RNCOR	5,11921	±0,51	RNMR	32,17214	±0,49
RNSP	12,73471	±0,56	RNPRJ	3,85920	±0,66	RNSP	12,98491	±0,56
RNIBGE	23,50718	±0,45	RNISS	2,47763	±0,69	EG 8132784	23,75738	±0,45
RNSF	31,52717	±0,72	RNNSBH	5,79411	±1,09	RNSF	31,77737	±0,72
RNSE	51,26620	±0,87	FIDEM	4,94128	±0,58	RNSE	51,51640	±0,87



# 1ª Campanha de Levantamentos GNSS

## 1º Dia (25/04/2019)



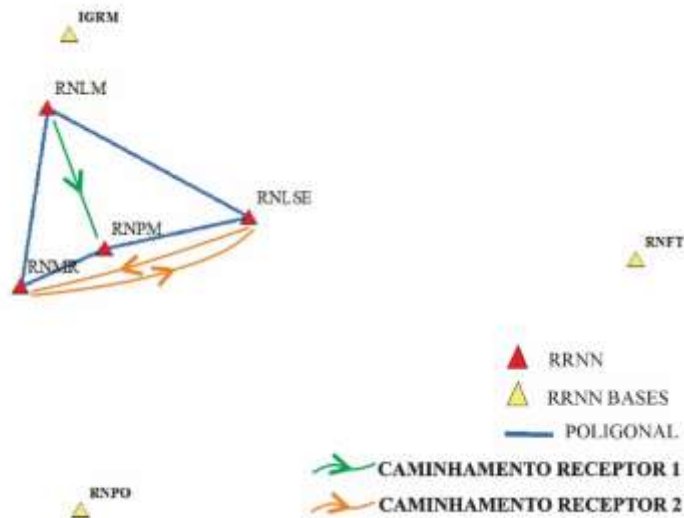
RRNN	Tempo total	Início	Término	RRNN	Tempo total	Início	Término
<b>RNPO1</b>	5h20min10seg	09:26:05	14:46:15	<b>RNSC</b>	1h49min 00seg	13:37:55	15:26:55
<b>RNPO2</b>	4h55min00seg	14:51:45	19:46:45	<b>RNSF</b>	1h41min 40seg	14:35:20	16:17:00
<b>RNFT</b>	9h18min55seg	10:09:35	19:28:30	<b>RNSE</b>	1h26min 40seg	15:44:35	17:11:15
<b>RNISS</b>	2h11min15seg	10:15:25	12:26:40	<b>RNNSM</b>	1h21min 50seg	16:39:15	18:01:05
<b>FIDEM</b>	1h29min05seg	11:54:45	13:23:50	<b>RNNSA</b>	2h03min 50seg	17:30:10	19:34:00
<b>RNCOR</b>	1h16min50seg	12:53:10	14:10:00	<b>RNNSBH</b>	0h29min 30seg	18:58:05	19:27:35





# 1ª Campanha de Levantamentos GNSS

## 2º Dia (26/04/2019)

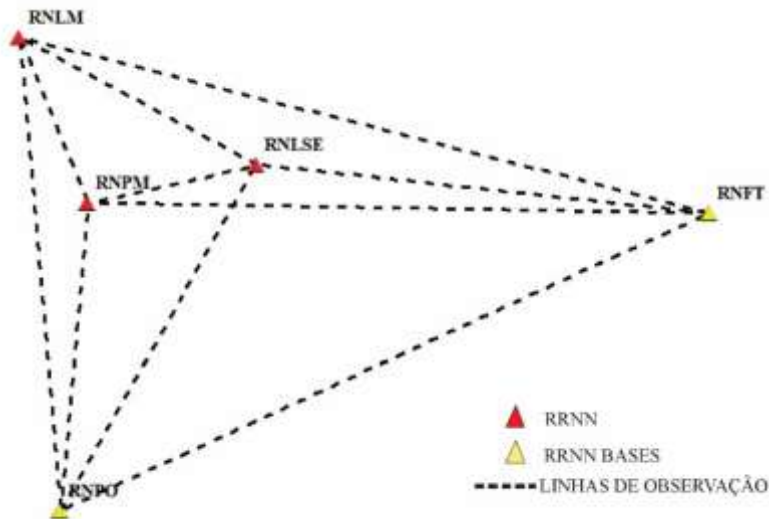


RRNN	Tempo total	Início	Término
RNPO	5h18min30seg	10:22:25	15:40:55
RNFT	3h09min45seg	10:58:25	14:08:10
IGRM	4h27min25seg	10:59:40	15:27:05
RNLS1	1h02min30seg	11:24:35	12:27:05
RNLM	0h49min55seg	12:27:25	13:17:20
RNMR	1h21min05seg	12:46:10	14:07:15
RNPM	1h08min50seg	13:38:30	14:47:20
RNLS2	0h51min15seg	14:26:00	15:17:15



# 2ª Campanha de Levantamentos GNSS

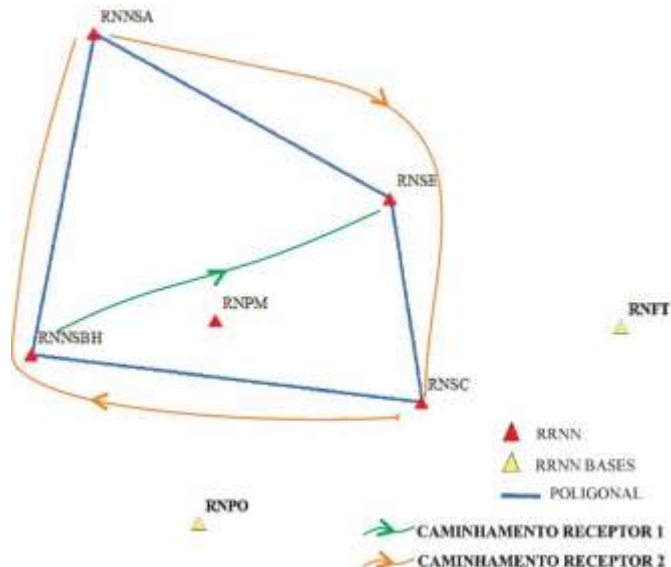
1ª Parte  
Dia 18/06/2019



RRNN	Tempo total	Início	Término
RNPO1	8h24min05seg	09:20:55	17:45:00
RNFT	9h20min10seg	09:53:20	19:13:30
RNPM	6h31min25seg	10:23:05	16:54:30
RNLSE	2h13min10seg	11:12:35	13:25:45
RNLM	1h46min10seg	11:30:15	13:16:25

# 2ª Campanha de Levantamentos GNSS

2ª Parte  
Dia 18/06/2019

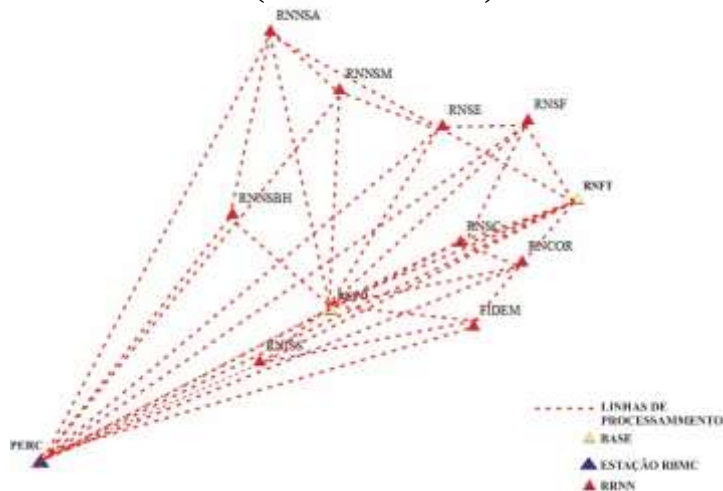


RRNN	Tempo total	Início	Término
RNPO1	8h24min05seg	09:20:55	17:45:00
RNFT	9h20min10seg	09:53:20	19:13:30
RNPM	6h31min25seg	10:23:05	16:54:30
RNSC1	1h20min50seg	13:45:15	15:06:05
RNNSBH	2h21min15seg	14:06:15	16:27:30
RNNSA	2h24min25seg	15:20:50	16:27:30
RNSE	2h39min20seg	16:45:00	19:24:20
RNSC2	1h11min10seg	18:13:05	19:24:15
RNPO2	1h12min30seg	18:14:20	19:26:50



# Processamentos – 1ª Campanha

## 1º Dia (25/04/2019)



Durante o processamento os pontos **RNSE**, **RNSC** e **RNNSA** foram desabilitados.

### ERRO DE FECHAMENTO

*Máximo: 2,5839 m RNFT-RNSF-RNPO1*

*Mínimo: 0,0003 m RNFT-RNISS-RNPO1*

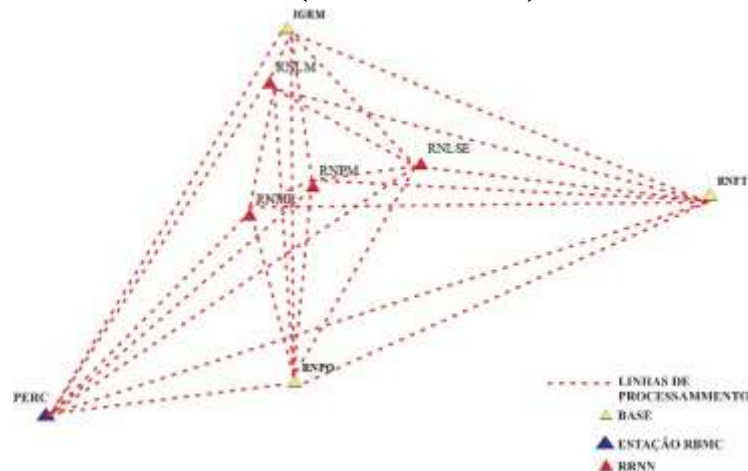
Ponto	Latitude	Longitude	Alt. Elipsoidal(m)	Desv n(m)	Desv e(m)	Desv u(m)
RNPO1	- 8° 01' 05,35798"	- 34° 51' 07,82575"	17,992	0,003	0,003	0,008
RNPO2	- 8° 01' 05,35811"	- 34° 51' 07,82561"	17,987	0,003	0,003	0,010
RNFT	- 8° 00' 56,18503"	- 34° 50' 47,23711"	-0,821	0,003	0,003	0,007
RNISS	- 8° 01' 09,50239"	- 34° 51' 13,73442"	-3,109	0,003	0,003	0,008
FIDEM	- 8° 01' 06,67594"	- 34° 50' 55,89296"	-0,627	0,003	0,003	0,008
RNCOR	- 8° 01' 01,33251"	- 34° 50' 51,86640"	-0,452	0,003	0,003	0,008
RNSF	- 8° 00' 49,55512"	- 34° 50' 51,37693"	25,953	0,005	0,009	0,016
RNNSM	- 8° 00' 46,98011"	- 34° 51' 07,07553"	49,511	0,004	0,004	0,010
RNNSBH	- 8° 00' 57,34701"	- 34° 51' 15,94373"	0,206	0,007	0,005	0,014



# Processamentos – 1ª Campanha

Ponto	Latitude	Longitude	Alt. Elipsoidal (m)	Desv n(m)	Desv e(m)	Desv u(m)
RNPO	- 8° 01' 05,35839"	- 34° 51' 07,82624"	17,988	0,003	0,003	0,007
RNFT	- 8° 00' 56,18545"	- 34° 50' 47,23787"	-0,805	0,003	0,002	0,007
IGRM	- 8° 00' 47,90694"	- 34° 51' 08,21581"	46,526	0,003	0,002	0,007
RNLM	- 8° 00' 50,61741"	- 34° 51' 09,06477"	22,047	0,003	0,003	0,008
RNLSE1	- 8° 00' 54,58662"	- 34° 51' 01,60387"	13,019	0,007	0,010	0,012
RNMR	- 8° 00' 57,15616"	- 34° 51' 10,04172"	26,371	0,003	0,003	0,008
RNLSE2	- 8° 00' 54,58757"	- 34° 51' 01,60254"	12,858	0,019	0,026	0,073

## 2º Dia (26/04/2019)



Durante o processamento as linhas, **RNLSE1-RNPO** e **RNLSE2-RNPO** apresentaram solução *float* e foram desabilitadas do processamento

### ERRO DE FECHAMENTO

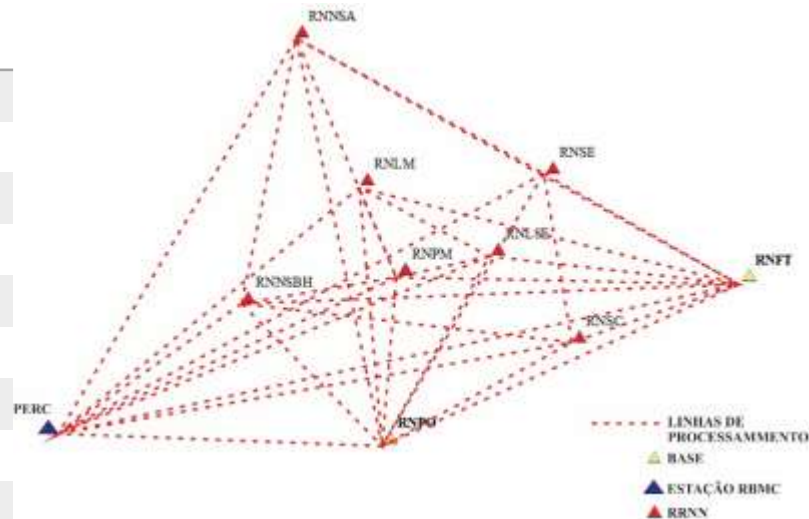
Máximo: 0,1999 m PERC-IGRM-RNLSE2

Mínimo: 0,0006 m PERC-IGRM-RNFT



# Processamentos – 2ª Campanha

## Rede - PERC



Ponto	Latitude	Longitude	Alt. Elipsoidal (m)	Desv n(m)	Desv e(m)	Desv u(m)
RNPO1	8°01'05,35852"S	34°51'07,82619"W	18,004	0,003	0,003	0,006
RNPO2	8°01'05,35868"S	34°51'07,82577"W	18,044	0,004	0,004	0,008
RNFT	8°00'56,18528"S	34°50'47,23778"W	-0,808	0,003	0,003	0,006
RNPM	8°00'55,75761"S	34°51'06,90982"W	13,486	0,003	0,004	0,007
RNLSE	8°00'54,58729"S	34°51'01,60287"W	12,981	0,003	0,003	0,007
RNLM	8°00'50,61707"S	34°51'09,06456"W	22,034	0,003	0,003	0,006
RNSC1	8°00'59,66718"S	34°50'56,91104"W	3,156	0,003	0,004	0,007
RNNSA	8°00'42,09722"S	34°51'12,84118"W	24,811	0,021	0,024	0,038
RNNSBH	8°00'57,34776"S	34°51'15,94453"W	0,249	0,005	0,005	0,012
RNSE	8°00'50,00835"S	34°50'58,44842"W	45,725	0,003	0,003	0,006
RNSC2	8°00'59,66743"S	34°50'56,91127"W	3,154	0,003	0,004	0,007

**ERRO DE FECHAMENTO**  
*Máximo: 3,3641 m RNPO1-RNNSA-RNNSBH*  
*Mínimo: 0,0008 m PERC-RNFT-RNLM*



# Coordenadas Geodésicas Finais – SIRGAS2000

Ponto	Latitude	Longitude	Este(m)	Norte(m)	Alt. Elipsoidal(m)	Desv n(m)	Desv e(m)	Desv Hz(m)	Desv u(m)
RNISS	- 8° 01' 09,50239"	- 34° 51' 13,73442"	295686,21	9113106,58	-3,109	0,003	0,003	0,005	0,008
FIDEM	- 8° 01' 06,67594"	- 34° 50' 55,89296"	296232,21	9113195,89	-0,627	0,003	0,003	0,004	0,008
RNCOR	- 8° 01' 01,33251"	- 34° 50' 51,86640"	296354,79	9113360,62	-0,452	0,003	0,003	0,004	0,008
RNSF	- 8° 00' 49,55512"	- 34° 50' 51,37693"	296368,15	9113722,53	25,953	0,005	0,009	0,01	0,016
RNNSM	- 8° 00' 46,98011"	- 34° 51' 07,07553"	295887,02	9113799,48	49,511	0,004	0,004	0,005	0,01
RNMR	- 8° 00' 57,15616"	- 34° 51' 10,04172"	295797,59	9113486,42	26,371	0,003	0,003	0,004	0,008
RNPO	-8°01'05,35835"	-34°51'07,82627"	295866,57	9113234,72	18,002	0,003	0,003	0,004	0,007
RNFT	-8°00'56,18521"	-34°50'47,23787"	296495,82	9113519,4	-0,813	0,003	0,003	0,004	0,007
RNPM	8°00'55,75761"S	34°51'06,90982"W	295893,31	9113529,82	13,486	0,003	0,004	0,005	0,007
RNLSE	- 8° 00' 54,58662"	- 34° 51' 01,60387"	296055,64	9113566,54	13,019	0,007	0,01	0,012	0,012
RNLM	8°00'50,61707"S	34°51'09,06456"W	295826,61	9113687,47	22,034	0,003	0,003	0,004	0,006
RNSC	8°00'59,66718"S	34°50'56,91104"W	296200,06	9113411,09	3,156	0,003	0,004	0,005	0,007
RNNSA	8°00'42,09722"S	34°51'12,84118"W	295709,77	9113948,71	24,811	0,021	0,024	0,032	0,038
RNNSBH	8°00'57,34776"S	34°51'15,94453"W	295616,84	9113479,72	0,249	0,005	0,005	0,007	0,012
RNSE	8°00'50,00835"S	34°50'58,44842"W	296151,64	9113707,63	45,725	0,003	0,003	0,004	0,006



# Análise Estatística

Matriz de discrepâncias

	RNFT	RNNSBH	RNISS	RNCOR	RNSC	RNSF	RNSE	RNNSM	RNNSA	RNLN	RNLSE	RNPM	RNMR	RNPO
RNFT	0	0,066457	0,024939	0,039824	0,033023	0,037171	0,070191	0,042591	0,018161	0,073131	0,079131	0,024961	0,060661	0,043641
RNNSBH	0,066457	0	0,041518	0,026633	0,033434	0,029286	0,003734	0,023866	0,048296	0,006674	0,012674	0,041496	0,005796	0,022816
RNISS	0,024939	0,041518	0	0,014885	0,008084	0,012232	0,045252	0,017652	0,006778	0,048192	0,054192	2,2E-05	0,035722	0,018702
RNCOR	0,039824	0,026633	0,014885	0	0,006801	0,002653	0,030367	0,002767	0,021663	0,033307	0,039307	0,014863	0,020837	0,003817
RNSC	0,033023	0,033434	0,008084	0,006801	0	0,004148	0,037168	0,009568	0,014862	0,040108	0,046108	0,008062	0,027638	0,010618
RNSF	0,037171	0,029286	0,012232	0,002653	0,004148	0	0,03302	0,00542	0,01901	0,03596	0,04196	0,01221	0,02349	0,00647
RNSE	0,070191	0,003734	0,045252	0,030367	0,037168	0,03302	0	0,0276	0,05203	0,00294	0,00894	0,04523	0,00953	0,02655
RNNSM	0,042591	0,023866	0,017652	0,002767	0,009568	0,00542	0,0276	0	0,02443	0,03054	0,03654	0,01763	0,01807	0,00105
RNNSA	0,018161	0,048296	0,006778	0,021663	0,014862	0,01901	0,05203	0,02443	0	0,05497	0,06097	0,0068	0,0425	0,02548
RNLN	0,073131	0,006674	0,048192	0,033307	0,040108	0,03596	0,00294	0,03054	0,05497	0	0,006	0,04817	0,01247	0,02949
RNLSE	0,079131	0,012674	0,054192	0,039307	0,046108	0,04196	0,00894	0,03654	0,06097	0,006	0	0,05417	0,01847	0,03549
RNPM	0,024961	0,041496	2,2E-05	0,014863	0,008062	0,01221	0,04523	0,01763	0,0068	0,04817	0,05417	0	0,0357	0,01868
RNMR	0,060661	0,005796	0,035722	0,020837	0,027638	0,02349	0,00953	0,01807	0,0425	0,01247	0,01847	0,0357	0	0,01702
RNPO	0,043641	0,022816	0,018702	0,003817	0,010618	0,00647	0,02655	0,00105	0,02548	0,02949	0,03549	0,01868	0,01702	0

$$Discrepância_{ij} = \Delta h_{ij} - \Delta H_{ij}$$

**Média= 0,027 m**  
**Desvio padrão= ±0,018 m**  
**Máximo=0,079 m (RNLSE-RNFT)**  
**Mínimo=0,001 m (RNPO-RNNSM)**







# Conclusões

- A atualização das altitudes da RN 394D permitiu garantir a Rede Geodésica Altimétrica Local do Sítio Histórico de Olinda – PE uma confiabilidade externa, através de seu reajustamento.
- No que diz respeito as altitudes geodésicas foi analisado o erro de fechamento dos vértices da rede GNSS com respeito a RBMC PERC e as estações bases RNPO, RNFT e IGRM, obtendo um erro máximo de 2 cm na resultante vertical.
- As altitudes ortométricas, assim como as altitudes normais, além das altitudes geodésicas, permitem a definição tanto de um Modelo Geoidal Local acurado, quanto de um Modelo do Quase Geoide Local da área, os quais poderão ser usados para os projetos de engenharia na área.



UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
DE PERNAMBUCO



**PGCGTG** Pós-Graduação em  
Ciências Geodésicas e  
Tecnologias da Geoinformação



# Obrigada!

PESTANA, P. H. O. N.  
priscillahelienay@Hotmail.com