



# **Melhorando a solução de posicionamento GNSS proporcionada por smartphone**

**Guilherme Lobo Magalhães Garcia de Carvalho**

**Luiz Paulo Souto Fortes, PhD**

**MSc. Irving da Silva Badolato**

**Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ**

# Introdução

## Relevância

- Base existente de telefonia celular
- Qualidade posicional atual insuficiente



Fonte: NBC News



# Introdução

## Linha do tempo

**2007: Lançamento do primeiro iPhone**

**2016: Android 7.0 permite obtenção das observáveis GNSS**

**2018: Xiaomi Mi 8 – Primeiro smartphone com L5**

# Introdução



1. Solução de navegação do Smartphone (NMEA)
2. Posicionamento por Ponto Simples
3. Posicionamento Diferencial
4. Filtragem das observações



# Fundamentação teórica

## Solução de navegação disponível

Registro das coordenadas geradas (NMEA)

## Observáveis GNSS disponíveis em Android 7.0 ou superior

- Pseudodistância
- Fase da onda portadora (não utilizada em razão da perda de ciclos)
- Doppler



# Fundamentação teórica

## Observáveis GNSS

Modelo	Versão Android	Ganho automático de controle	Mensagem de Navegação	Accumulated delta range	Relógio do receptor	Suporte L5	Sistemas GNSS
Samsung S8, dispositivo EMEA, Modelos G950F ou G955F	7.0	Não	Sim	Sim	Sim	Não	GPS GLONASS GALILEO BeiDou QZSS
Samsung S8, dispositivos USA, modelos G950U ou G955U	7.0	Não	Não	Não	Sim	Não	GPS

<https://developer.android.com/guide/topics/sensors/gnss>





# Materiais Utilizados

## Hardware:

### Smartphone

- Galaxy S8+ SM-G955FD
- Sistema operacional Android 7.0 ou superior
- Disponibilize as coordenadas do posicionamento e observações GNSS

### Computador para processamento

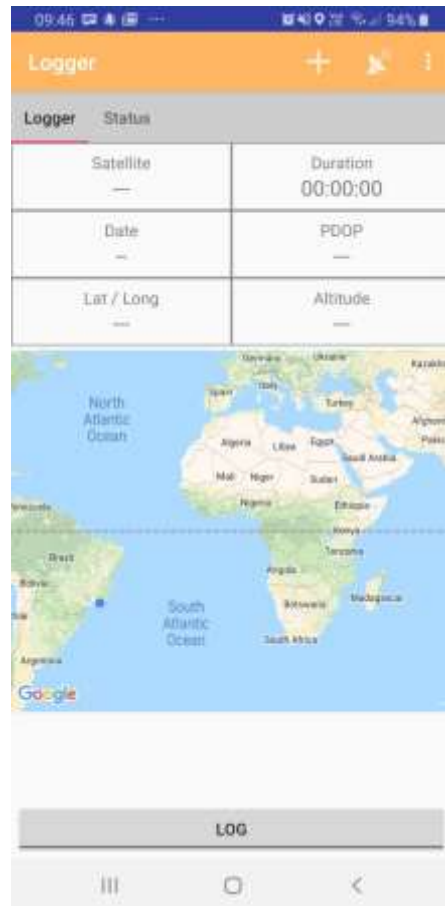
- Sistema operacional: Windows 10 64-bit



# Materiais Utilizados

## Software (Smartphone)

- NMEA Tools Pro versão 1.8.2
- Geo++ RINEX Logger versão 2.0.1



Fonte: Ho, 2019



Fonte: Geo++, 2019





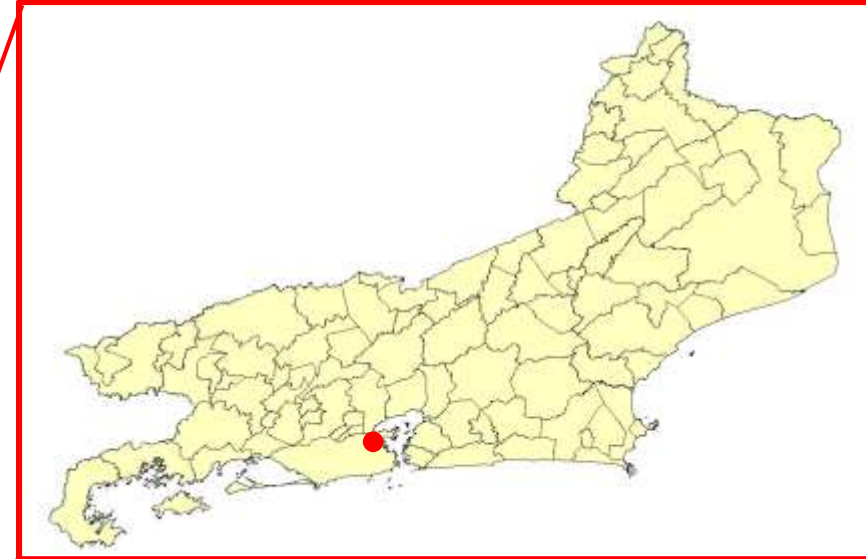
# Materiais Utilizados

## Software (Computador)

- Anaconda Navigator versão 1.9.6 (Anaconda, INC.,2019)
- Python 2.7 (Python Software Foundation, 2019)
- IDE Spyder 3.3.2
  
- RTKLIB versão 2.4.2 (Takasu, 2013)
- Módulo RTKPOST
  
- Repositório GitHub versão 1.6.6 (GitHub, INC., 2019)

# Metodologia

## Ponto de Estudo



# Metodologia





# Metodologia

## Ponto de Estudo

### Marco 91500:

- Latitude: 22° 49' 08,76793" S
- Longitude: 43° 18' 23,95193" W
- Altitude Geométrica (m): -1,461
- Fonte: GPS Geodésico
- Datum: SIRGAS2000







# Metodologia

## Coordenadas de referência das semanas 2036 e 2040

Erro	Coordenada	Época 2000,4	Solução Semanal (2036 e 2040)
<b>RIOD</b>	Latitude	-22.817844424944653	-22.81784228416497
	Longitude	-43.30627660252316	-43.3062772896181
	Altitude	8.630	8.631
<b>Marco 91500</b>	Latitude	-22.8191022028	-22.81910006199321
	Longitude	-43.3066533139	-43.30665400098527
	Altitude	-1,461	-1.460

# Metodologia

## Aquisição de dados preliminar







# Metodologia

## Aquisição de dados preliminar

- Definição dos métodos para o levantamento
- 3 dias de testes (14, 15, 17 de janeiro de 2019)
- 1 registro por segundo das coordenadas e observações



# Metodologia

## Aquisição de dados preliminar

- **Dia 14 de janeiro de 2019 – Poucos dados**
  - Iniciado às 12:41 da tarde
  - Smartphone **superaqueceu** em menos de 20 minutos
- **Dia 15 de janeiro de 2019 (Geo++ Método **Synced**) – Ideal**
  - Iniciado às 7:25 da manhã
  - Temperatura verificada de 15 em 15 minutos
  - Cerca de 1 hora de rastreamento (**3.624 segundos**)
- **Dia 17 de janeiro de 2019 (Geo++ Método **Variable**) – Dados ruins**
  - Iniciado às 6:45 da manhã
  - Cerca de 1 hora e 30 min de rastreamento (5.410 segundos)



# 3. Metodologia

## ➤ Método Synced

19	1	15	9	25	22.0001326	0	11G06G07G13G15G17G19G30R02R12R22R		
23435633.548					21.387			2984.553	
25460994.520					22.650			-2329.848	
20713278.496	108849012.3571				35.559			-37.448	
22636596.710	118956117.7251				35.515			1788.778	
20312450.283	106742646.4491				30.551			-892.278	
20483170.996	107639790.0321				32.124			635.551	
22519612.896	118341363.7361				27.814			-1491.996	
22033907.743	117577153.1331				28.804			-1469.536	
21081849.040					23.710			1418.443	
19729351.254	105316616.2961				27.799			1130.954	
21982964.011					20.533			4463.987	

## ➤ Método Visible

19	1	17	8	45	21.9999038	0	28E01E04E05E09E11E12E25E26G01G05G06G07 G11G12G13G15G17G19G24G28G30R04R05R13 R15R17R23R24		
8330294497.560								11.246	-868.292
26680435.719								26.536	-2504.878
8331213872.000								29.000	1077.711
22743062.605								28.502	-1242.311
9464091871.900								7.000	2986.339
23445603.746								23.531	2541.515
9464658181.060								7.000	1425.364
9464607549.400								7.000	-1522.925
7157582273.050								9.577	-60.894
8326031155.020								7.154	-1476.438
24411054.778								29.851	2818.178
24585589.750								29.434	-1988.534
9461233650.610								7.000	-2160.974
9460879439.220								7.000	2208.778
20827334.836								32.688	1178.570
8330425871.420								33.538	2715.761
20125398.377								23.428	404.626
20827703.581								29.340	1772.854
8327168051.660								7.000	3065.363
21447509.798								18.185	-1780.560
21992045.024								24.505	-918.753
21694889.241								29.969	-108.135
2414404648.240								7.000	2566.599
21451066.236								12.603	-33.210
2414651055.457								7.000	2058.959
22732907.436								24.854	4575.138
20799837.572								12.093	-949.793
20279101.070								28.834	2581.054



# Metodologia

## Aquisição de dados do estudo

- **Dia 11 de fevereiro de 2019**
  - Iniciado às 6:56
  - Finalizado às 8:26
  - **5.389 segundos registrados**
- **Dia 12 de fevereiro de 2019**
  - Iniciado às 6:38
  - Finalizado às 8:17
  - **5.936 segundos registrados**



# Metodologia

## Pós-processamento dos dados

- DGNSS no domínio das posições (Não realizado)
- Posicionamento por ponto simples (PPS)
- DGNSS no domínio das observações
- **Filtragem da pseudodistância através do Doppler**



# Resultados e Discussões

## Resultados

- 11 de fevereiro
- 12 de fevereiro

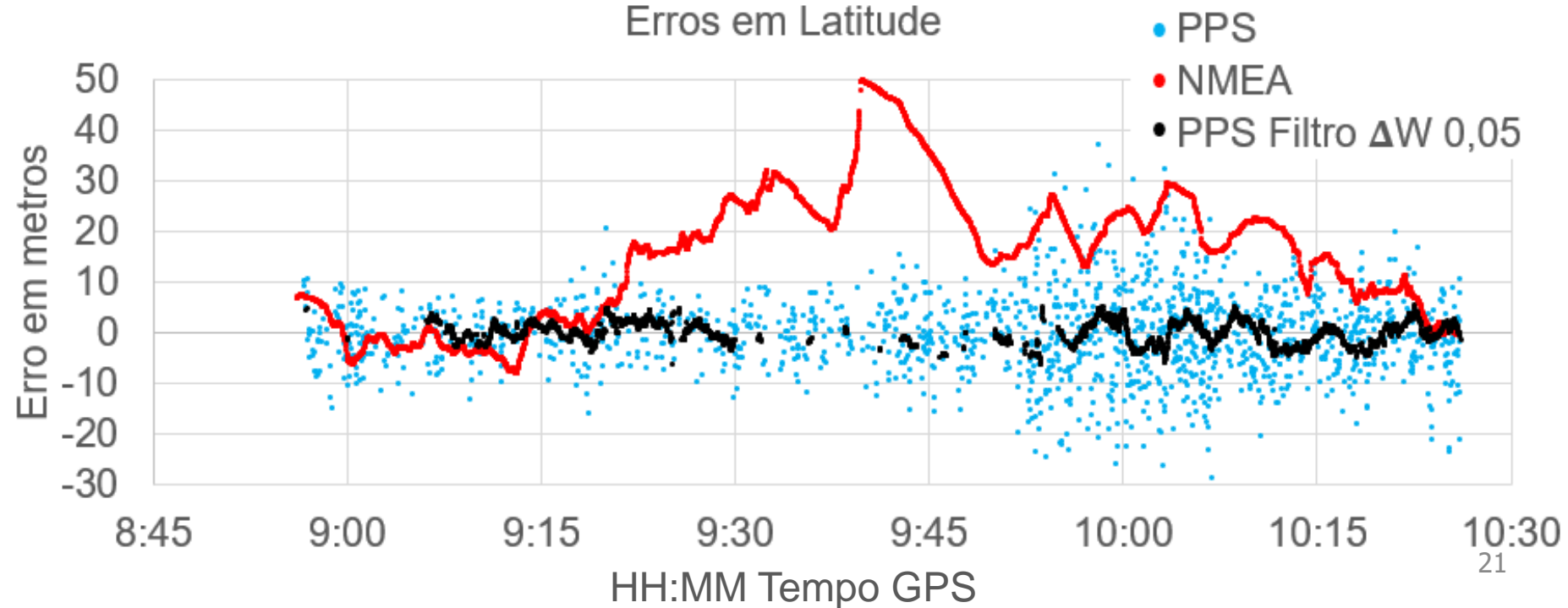


11 de fevereiro

Erros em Latitude

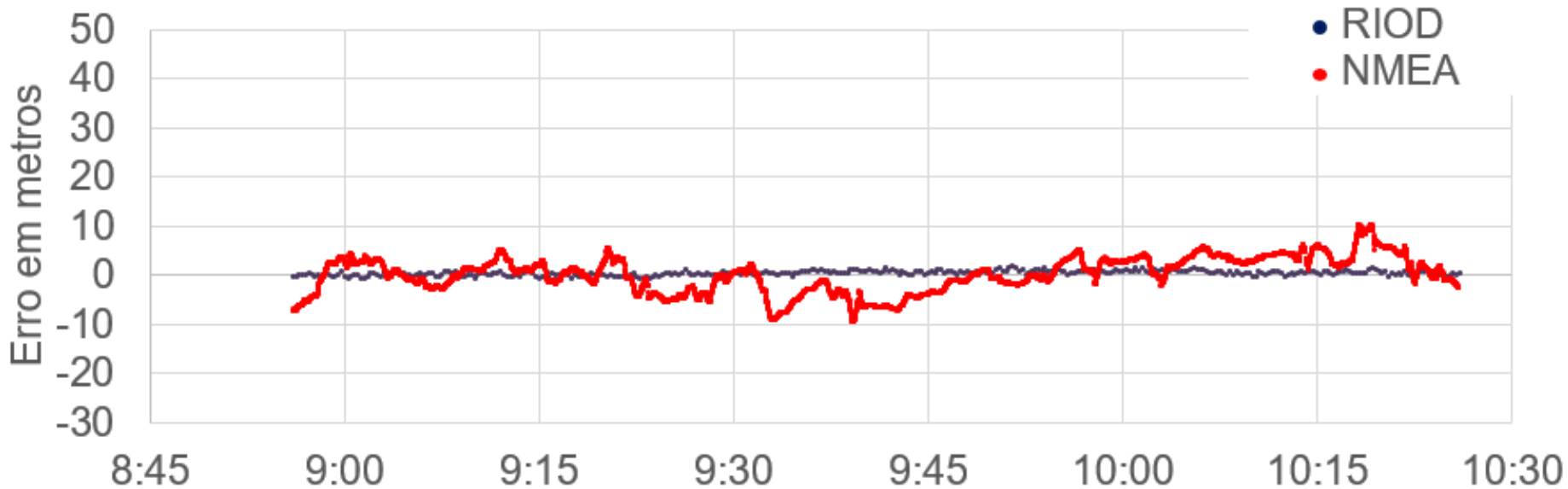


Erros em Latitude

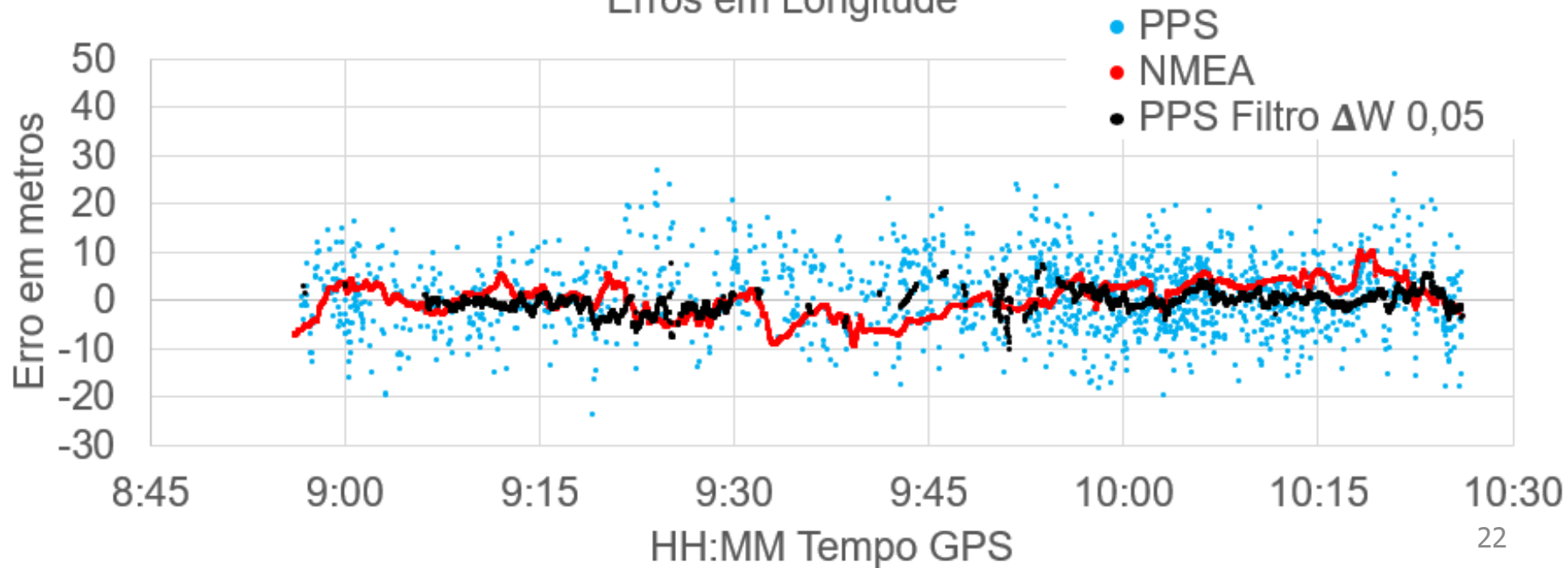


11 de fevereiro

Erros em Longitude

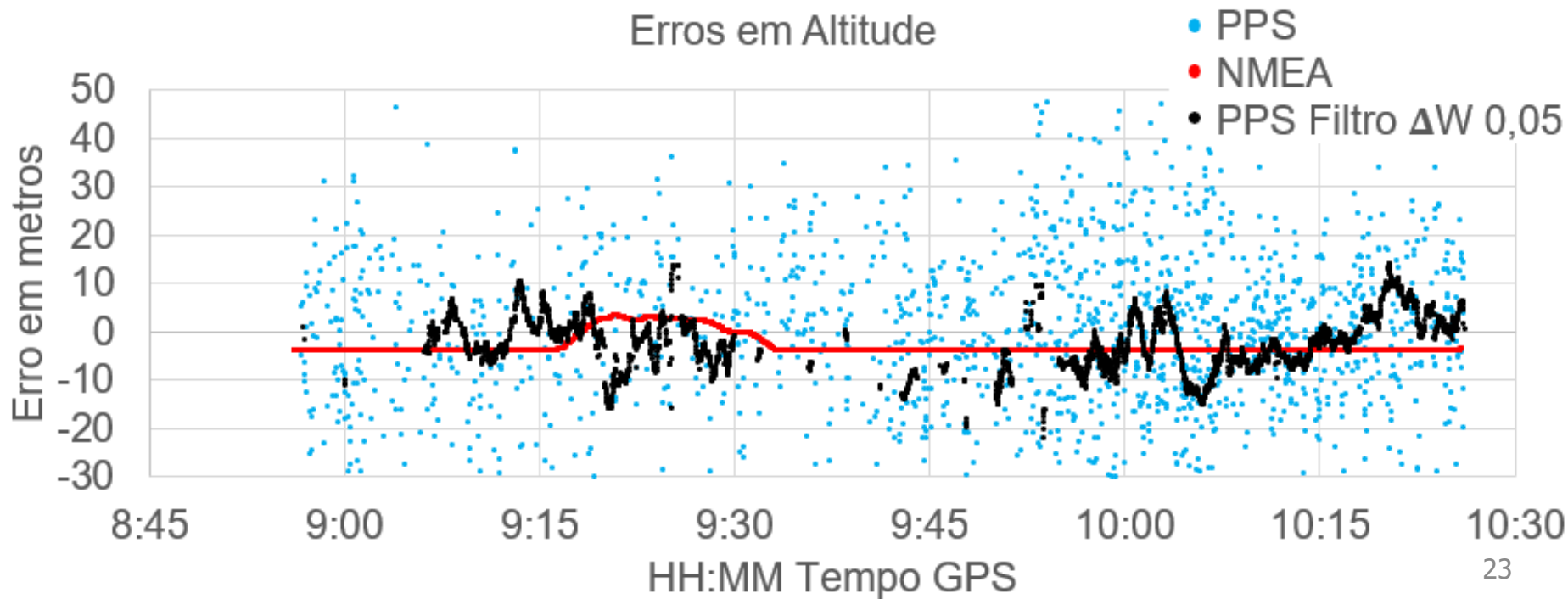
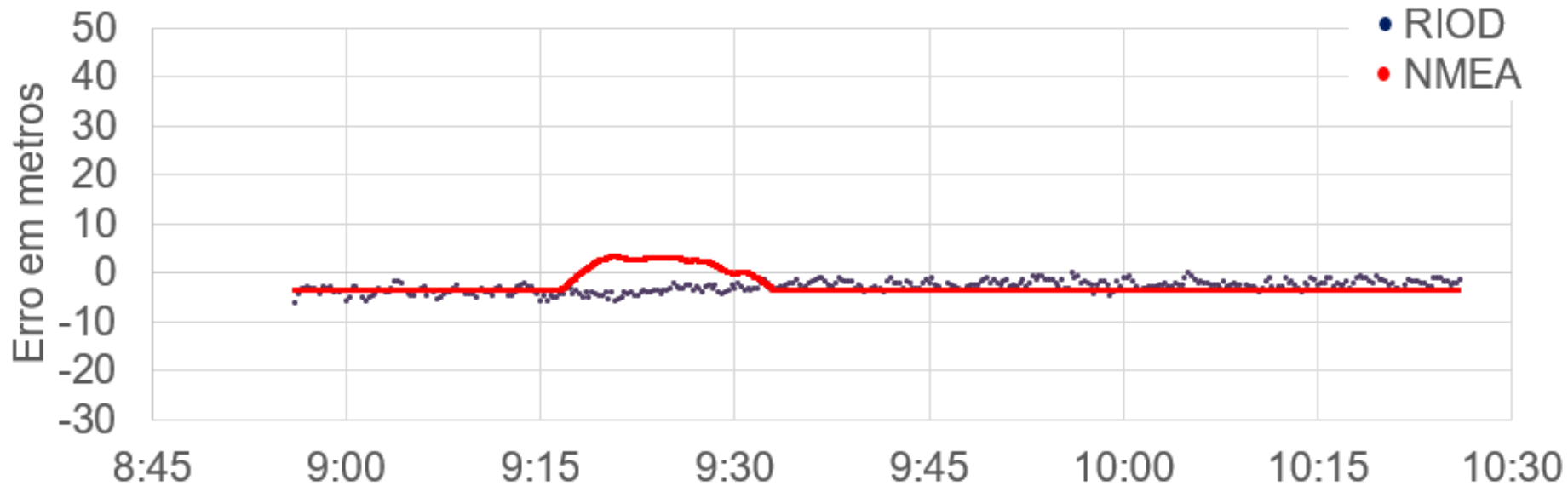


Erros em Longitude



11 de fevereiro

Erros em Altitude

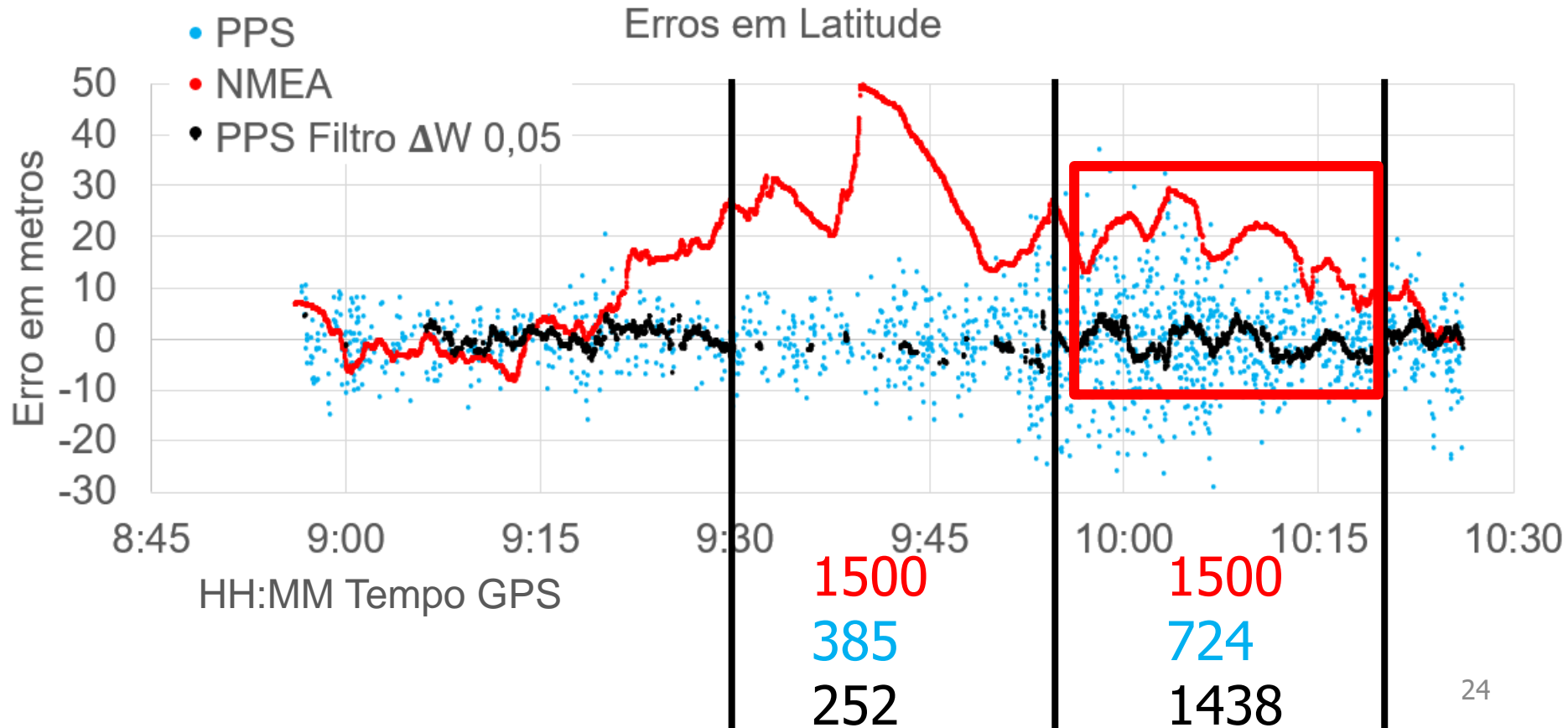




# Resultados e Discussões

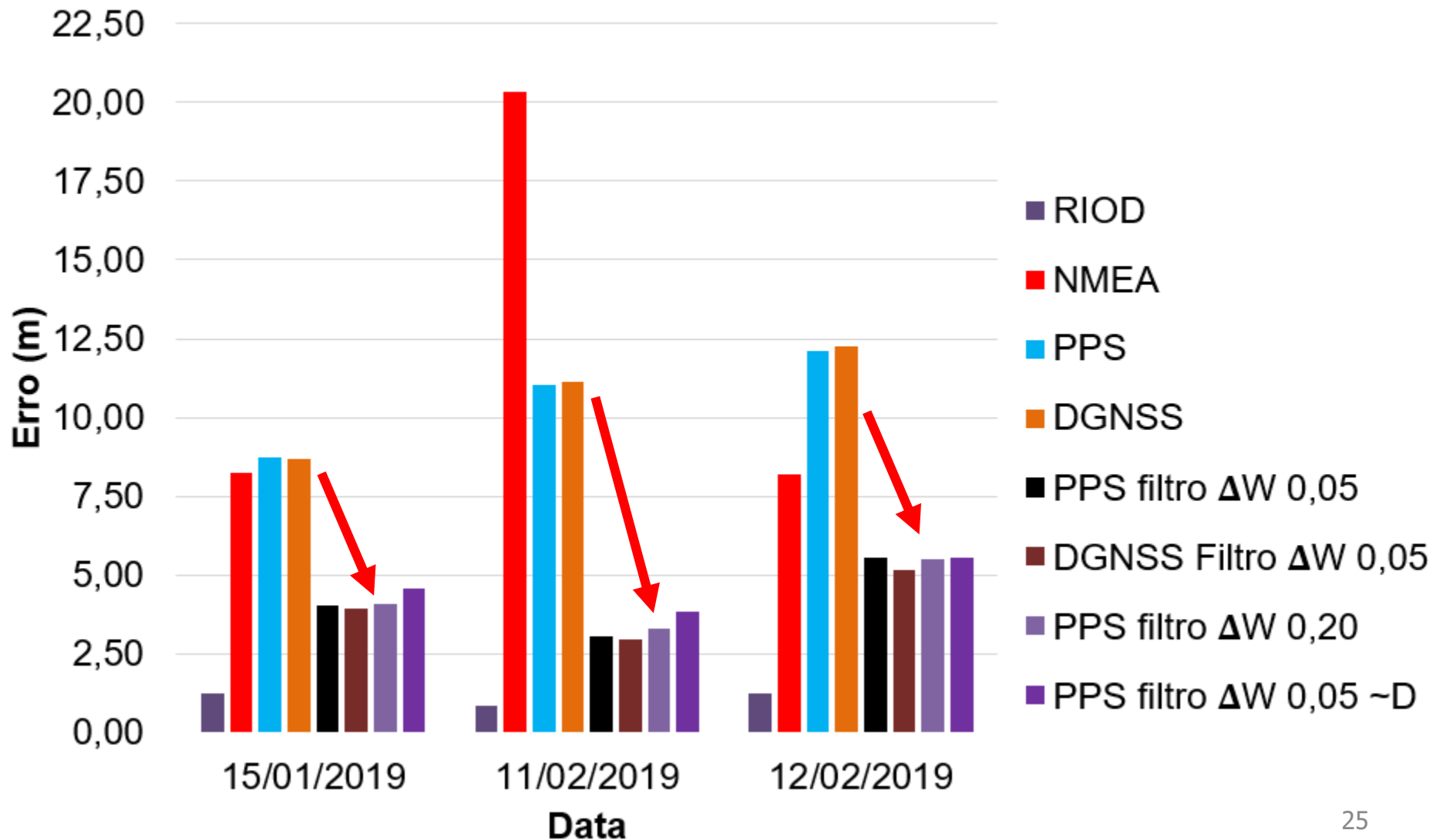
## Discussões

- 11 de fevereiro e correlação dos erros ao longo de 25 minutos (1500s)



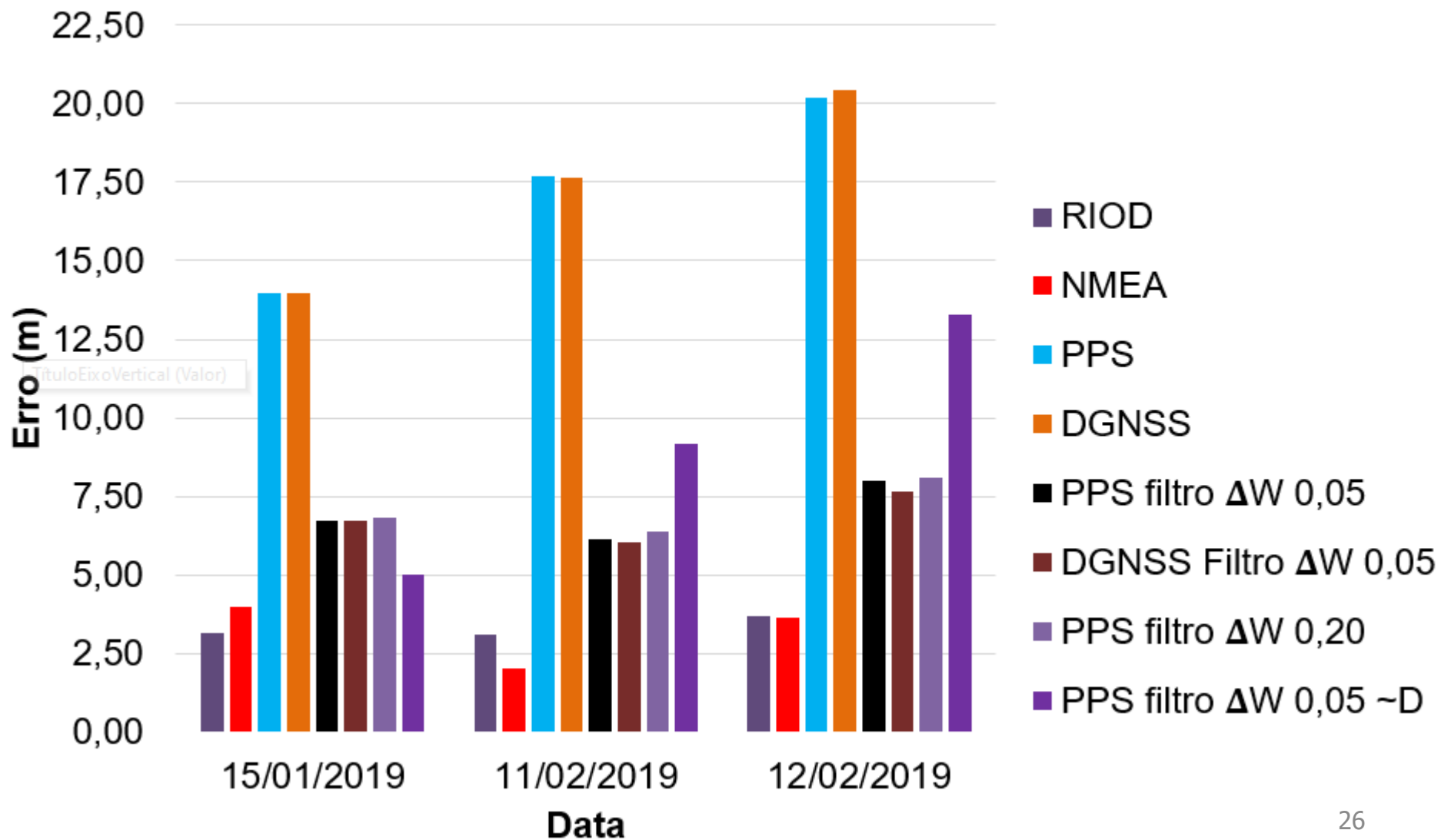
# Resultados e Discussões

## EMQ Planimétrico



# Resultados e Discussões

## EMQ Altimétrico





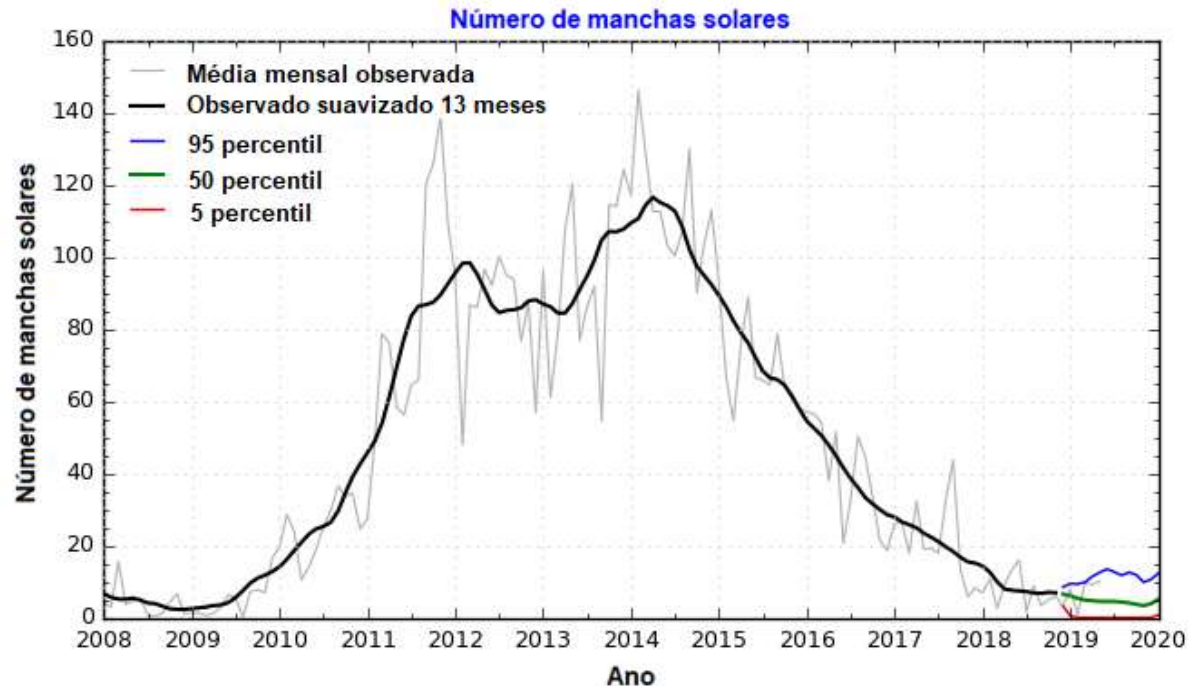


# Resultados e Discussões

Data	Método	N épocas	EMQ	
			Planimétrico (m)	Altitude (m)
11/02/2019	RIOD	361	0,84	3,08
	NMEA	5389 (1006)*	20,34	2,05**
	PPS	1575	11,01	17,67
	DGNSS	1575	11,12	17,66
	PPS filtro $\Delta W$ 0,05	3372	3,04	6,15
	DGNSS filtro $\Delta W$ 0,05	3372	2,96	6,04

# Conclusões

- O smartphone **prioriza disponibilidade** em detrimento da qualidade
- Resultados da filtragem foram os melhores métodos na melhoria das soluções do posicionamento
- Posicionamento diferencial não mostrou muitas melhorias (Yoon, 2016)



Fonte: Adaptado da  
Nasa, 2019



# Conclusões

- Uma das maiores fontes de erro foi o de **multicaminho** em razão da qualidade das antenas (HÅKANSSON, 2019).
- Solução para o multicaminho e ruído seria utilizar a fase da onda portadora
- Um fator limitante do levantamento GNSS com smartphone é a temperatura da hora do dia



# Conclusões

## Recomendações para trabalhos futuros:

- Utilizar um smartphone sem *Duty Cycling*
- Observações da fase da onda podem ser geradas a partir do Doppler
- Utilizar smartphone de dupla frequência
- Posicionamento preciso em tempo real
- Processamento em tempo real pela fase (RTK)



<https://insidegnss.com/researchers-achieve-1-2-cm-accuracy-with-commercial-smartphone/>

## Researchers achieve 1–2 cm accuracy with commercial smartphone

October 25, 2019

By Inside GNSS





# MUITO OBRIGADO

<https://github.com/guilobocarvalho/tcc-guilherme-GNSS>

## Melhorando a solução de posicionamento GNSS proporcionada por smartphone

[guilobocar@gmail.com](mailto:guilobocar@gmail.com)

**Guilherme Lobo Magalhães Garcia de Carvalho**

**Luiz Paulo Souto Fortes, PhD**

**MSc. Irving da Silva Badolato**

**Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ**