

# Posicionamento por Ponto Simples: um estudo acerca da influência das cintilações e bolhas ionosféricas no posicionamento por satélite

Clodoaldo de S. F. Júnior<sup>1</sup>, Alison de O. Moraes<sup>2</sup>, Bruno C. Vani<sup>3</sup>, João F. G. Monico<sup>4</sup>

1. Discente em Bacharelado em Engenharia Elétrica – IFSP – Câmpus Presidente Epitácio;
  2. Docente na área de Telecomunicações – ITA – São José dos Campos;
  3. Docente em Ciência da Computação e Técnico em Informática – IFSP – Câmpus Presidente Epitácio;
  4. Pesquisador no Departamento de Cartografia – UNESP – Campus Presidente Prudente;
- E-mails: [clodoaldo.souza@aluno.ifsp.edu.br](mailto:clodoaldo.souza@aluno.ifsp.edu.br), [aom@ita.br](mailto:aom@ita.br), [brunovani@ifsp.edu.br](mailto:brunovani@ifsp.edu.br), [galera@fct.unesp.br](mailto:galera@fct.unesp.br)

Área: B – Engenharias

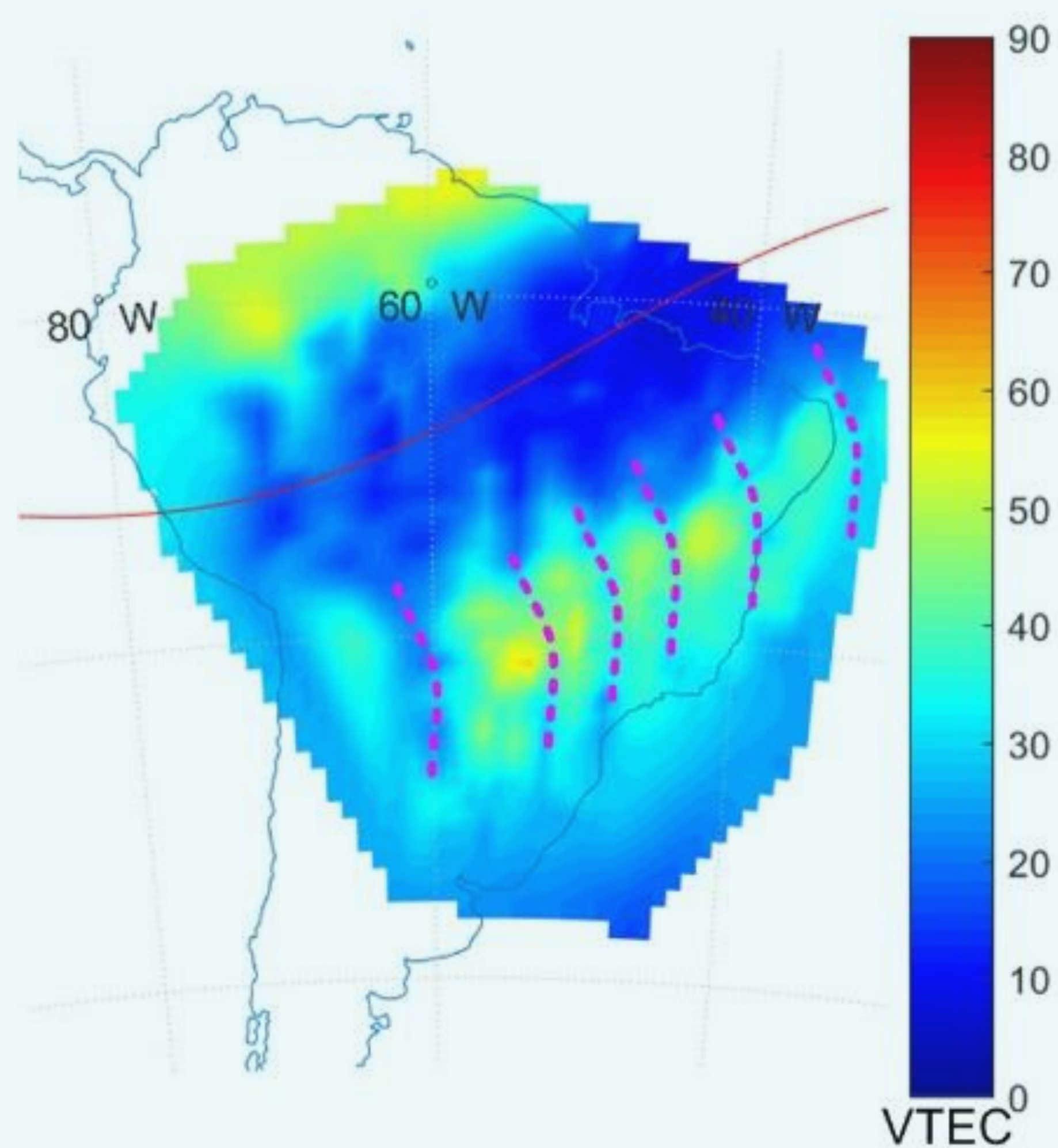
## Introdução

A navegação via satélite traz inúmeros benefícios para o cotidiano. Agricultura de precisão, navegação aérea e marítima são exemplos de aplicações dependentes desta tecnologia. Estudar e modelar os erros dos sistemas de posicionamento são etapas essenciais para garantir o sucesso destas e outras aplicações. Os sistemas de posicionamento têm seu desempenho afetado por diversas fontes de erro, das quais vale serem citados os efeitos causados pela ionosfera, troposfera, multicaminho, erros de relógio, entre outros. Neste trabalho é descrita a implementação do método de Posicionamento por Ponto Simples e são evidenciados os efeitos da ionosfera no erro de posicionamento. Neste contexto, são também introduzidas algumas estratégias adicionais no processamento do posicionamento com o propósito de melhorar a qualidade dos resultados, permitindo assim analisar o comportamento e a qualidade do posicionamento final, dando ênfase para a influência os efeitos da cintilação ionosférica.

## Ionosfera de baixa latitude

Em regiões de baixas latitudes durante a noite, os sistemas GPS são consideravelmente afetados, principalmente em períodos de alta atividade solar. Em certas regiões há uma redução drástica de densidade de plasma ionosférico. Estas regiões são conhecidas como bolhas de plasma equatorial (EPBs, do inglês Equatorial Plasma Bubbles). Quando os sinais GPS atravessam essas EPBs, o sinal sofre variações na amplitude e/ou na fase. Este evento é chamado de cintilação ionosférica. As EPBs podem ser visualizadas na Figura 1, a linha pontilhada branca indica as assinaturas das bolhas.

**Figura 1:** Exemplo de mapa do TEC em que se faz possível visualizar a presença de bolhas ionosféricas (20 de janeiro de 2015 às 00:35:00 UT).

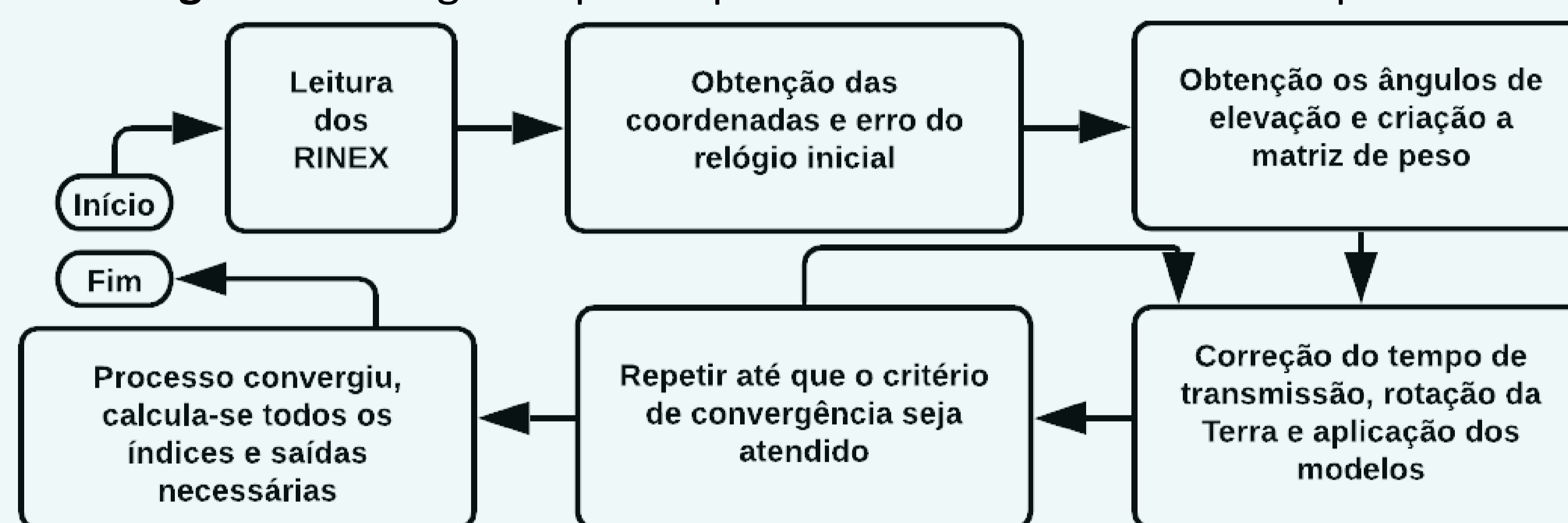


Fonte: Elaborado pelos autores.

## Metodologia

A Figura 2 apresenta um fluxograma do funcionamento do sistema de posicionamento por PPS desenvolvido, sendo que o mesmo contempla apenas o processamento de uma época.

**Figura 2:** Fluxograma para o processamento de uma única época.



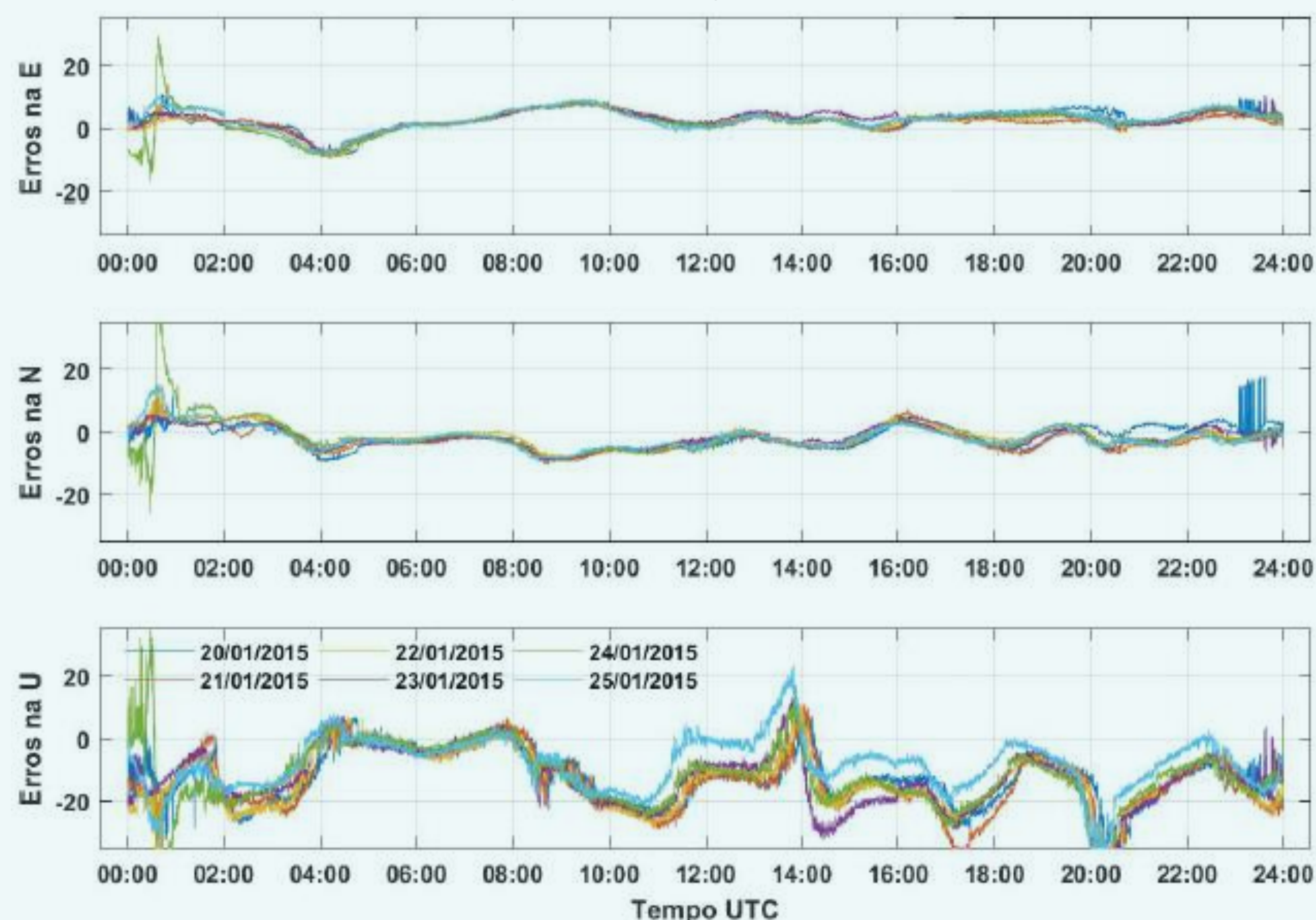
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tipicamente, para a realização do processamento de um dia, tem-se a necessidade de repetir o processo para cada uma das épocas disponíveis ao longo do dia, sendo comumente 5760 épocas (com medições realizadas a cada 15 segundos).

## Resultados e conclusões

A Figura 3 mostra o erro do posicionamento, em relação a referência de coordenada do IBGE, decomposto nas componentes leste, norte e vertical (ENU), para seis dias consecutivos entre os dias 20 e 25 de janeiro de 2015 na estação SJSP, localizada em São José dos Campos (- 23° 12' 25,67670", - 45° 51' 42,25600"). Analisando a Figura 3 é possível observar que a qualidade dos resultados, onde os erros permanecem estáveis e baixos ao longo do dia. Nas primeiras horas da noite, durante o período de ocorrência de bolha de plasma ionosférico, conforme o exemplo da Figura 1 é notado um aumento expressivo do erro nas três componentes. Como esperado, nota-se também melhores resultados nas componentes horizontais ao longo de todo o dia.

**Figura 3:** Erros observados nas coordenadas para o dia 20/01/2015 até 25/01/2015 para a estação SJSP da RBMC.



Fonte: Elaborado pelos autores.

## Agradecimentos

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos e auxílio financeiro pelo processo número 102204/2021-7.