

## **POSICIONAMENTO GNSS: COMPARATIVO DE RESULTADOS DE PROCESSAMENTOS OBTIDOS COM O USO DAS CONSTELAÇÕES GPS, GLONASS E GALILEO**

### **GNSS POSITIONING: COMPARISON OF PROCESSING RESULTS OBTAINED WITH THE USE OF GPS, GLONASS AND GALILEO CONSTELLATIONS**

Ailton Luis Dias Junior<sup>1</sup>

Paulo Marcelo Villani<sup>2</sup>

Lucas Davis Ribeiro de Paula<sup>3</sup>

*Recebido em: 01.12.2023*

*Aprovado em: 18.12.2023*

**Resumo:** Neste artigo foram realizadas análises dos resultados obtidos por meio de processamentos de dados brutos coletados com receptor GNSS, utilizando um software de processamento geodésico específico, dividindo a análise dos resultados em duas etapas: GPS, demonstrando os resultados obtidos com a utilização somente a constelação GPS e no segundo momento, utilizando a constelação GPS aliada às demais constelações do sistema GNSS separadamente, demonstrando os resultados dos processamentos utilizando a constelação GPS e outra constelação disponível, como as constelações do sistema GLONASS e Galileo. Foram analisados os resultados dos processamentos dos arquivos coletados com diferentes períodos de tempo de rastreamento, realizando comparações de resultados e comprovando a melhoria de qualidade do resultado final de um posicionamento georreferenciado

---

<sup>1</sup>Discente do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica - FAMIG. [agriailton@gmail.com](mailto:agriailton@gmail.com).

<sup>2</sup> Revisor. Mestre em Administração (FNH); Mestrando em Filosofia (FAJE); Especialista em História Contemporânea e Licenciatura em História (Uni-BH). Atualmente é Coordenador do Núcleo de Apoio ao EAD (NEAD) e Coordenador da Pós-Graduação na CESMIG (mantenedora das instituições FAMIG e FEAMIG), além de professor nas duas instituições.

<sup>3</sup> Revisor. Engenheiro de Produção, formado pela Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, FEAMIG (2019), possui especialização em Direito Empresarial, pela Faculdade Venda Nova do Imigrante, FAVENI (2022) e mestrado em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas pelo Instituto de Educação Tecnológica, IETEC (2023).

utilizando um receptor GNSS com todas as constelações disponíveis.

**Palavras-chave:** GNSS; receptor GNSS; processamento.

---

**Abstract:** In this work, analyzes were carried out on the results obtained through the processing of raw data collected with a GNSS receiver, using specific geodetic processing software, dividing the analysis of the results into two stages: GPS, demonstrating the results obtained using only the GPS constellation and in the second moment, using the GPS constellation combined with the other constellations of the GNSS system separately, demonstrating the results of the processing using the GPS constellation and another available constellation, such as the GLONASS and Galileo system constellations. The results of processing files collected with different tracking time periods were analyzed, making comparisons of results and proving the improvement in quality of the final result of a georeferenced positioning using a GNSS receiver with all available constellations.

**Keywords:** GNSS; GNSS receiver; processing.

## 1 INTRODUÇÃO

Com a evolução das tecnologias aplicadas na fabricação de receptores GNSS disponibilizados no mercado nos últimos anos, à utilização dos métodos disponíveis para posicionamento geodésico preciso se tornaram indispensáveis para obtenção de vértices com coordenadas cada vez mais confiáveis e com precisões que pode chegar à casa do milímetro. O número de usuários de receptores GNSS para a realização de posicionamento geodésico em levantamentos topográficos está crescendo a cada dia. Porém, os receptores disponibilizados atualmente estão equipados com tecnologias ainda mais avançadas, que aperfeiçoam a qualidade do posicionamento, mas também aumentam os custos para a aquisição do mesmo. Os receptores GPS evoluíram bastante desde os primeiros modelos lançados na década de 80, principalmente devido à evolução da eletrônica, que trouxe equipamentos de excelente precisão para os diferentes tipos de aplicações (SEGANTINE, 1997). Esta técnica de posicionamento GNSS tem sido utilizada desde 1985 em aplicações de alta precisão em tempo real.

As exigências para que se obtenham melhores precisões nos levantamentos georreferenciados são definidas pelas normas de levantamento topográfico, como descrito nas normas NBR (Norma Técnica) 13.133/94 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), e 10.267/01 do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária).

O Sistema Global de Navegação por Satélite é uma das tecnologias espaciais mais avançadas, composto por vários sistemas de navegação por satélites artificiais globais, que fornecem posicionamento geodésico tridimensional sob quaisquer condições climáticas em nível global.

Ao realizar um levantamento topográfico, diversos procedimentos de campo são aplicados. Todos estes procedimentos são fundamentais para que se possa determinar a posição relativa de quaisquer pontos que constituem uma área específica a ser estudada. Dois ou mais receptores GNSS rastreiam simultaneamente no mínimo quatro satélites em comum. Correções diferenciais são geradas na estação de referência, no momento do posicionamento, e transmitidas para uma estação Rover, através de um link de rádio (RAMOS, 2007).

Os softwares comercializados estão chegando ao mercado com atualizações para que seja realizado o processamento de dados, compreendendo e utilizando no processo todas as informações que foram enviadas pelos satélites das principais constelações disponíveis atualmente. Para finalidades científicas, como controle e estimativa de deformação da crosta terrestre, monitoramento de sismos, densificação de redes geodésicas e outras 18 atividades que exigem estimativas precisas de posicionamento e velocidades da área em estudo, o pós-processamento realizado por softwares científicos torna-se uma alternativa aos estudos da Geodésia (SCARAMBONI; CHAVES, 2013).

## **2 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE (GNSS)**

O Sistema Global de Navegação por Satélite GNSS (Global Navigation Satellite System) surgiu em 1960 com o lançamento do primeiro satélite Transit, realizado pelos Estados Unidos. Sete anos depois foi lançado o primeiro satélite Timation, da marinha americana, e, no ano de 1978, foi colocado em órbita o primeiro satélite pertencente ao sistema de posicionamento Global GPS (Global Positioning System). A evolução deste sistema comporta fatos como o lançamento do primeiro satélite GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), ocorrido em 1982, o primeiro processamento de dados GPS, realizado na Universidade de Bern, em 1983 e o lançamento do primeiro satélite do Bloco II de satélites GPS, em 1989.

A nomenclatura do Sistema Global de Navegação por Satélite - GNSS (Global Navigation Satellite System) foi utilizada pela primeira vez em 1991, pela Associação Internacional de Aviação Civil - ICAO (International Civil Aviation Organization) para identificar os sistemas de posicionamento por satélites que possuíam tecnologia desenvolvida para utilizar as demais constelações de satélites existentes no mundo (GLONASS, GALILEO e BEIDOU), somados a constelação GPS (Global Positioning System) para calcular o posicionamento preciso por coordenadas geográficas.

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) é uma rede de satélites artificiais que transmitem sinais para o posicionamento e localização de qualquer objeto, em qualquer lugar do planeta e tem como objetivo principal obter dados de localização para diversas finalidades, como navegação, geodésica, hidrográfica, agrícola, pesquisa, entre outras.

O sistema GNSS é composto por três segmentos: espacial, controle e usuários. O segmento espacial é formado pelos satélites artificiais com finalidade para navegação e comunicação. A estação de controle corresponde ao conjunto de estações presentes na superfície terrestre, que são responsáveis pelo armazenamento dos dados obtidos para disponibilizá-los aos usuários. Por sua vez, o segmento de usuários deve ser entendido como equipamentos, terminais, receptores e dispositivos que recebem sinais do segmento espacial. Por se tratar de uma rede de satélites artificiais em órbita, diversos sistemas de localização são apresentados dentro do GNSS.

### **3 METODOLOGIA APLICADA**

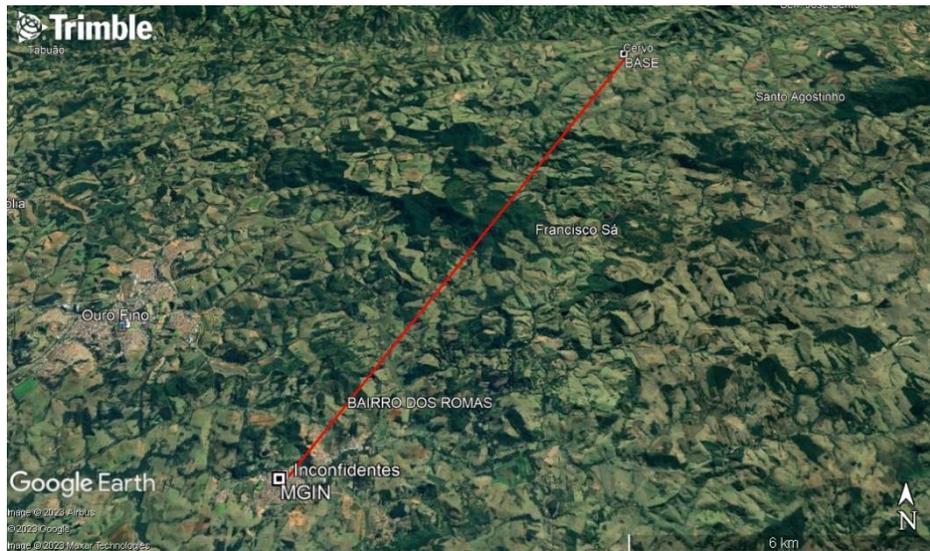
Para esta análise, realizou-se um posicionamento geodésico para armazenar dados brutos GNSS em diferentes períodos de tempo, utilizando o método relativo estático e o método relativo estático rápido. Para tal feito, utilizou-se um receptor GNSS com tecnologia embarcada compatível com o que está sendo oferecido no mercado atualmente (novembro de 2023).

Em um segundo momento, realizou-se os processamentos dos dados brutos em um software específico, selecionando quais seriam as constelações utilizadas para cada processamento (GPS, GPS+GLONASS ou GPS+GLONASS+Galileo). Ao final, analisa-se os resultados apresentados no relatório final de processamento para cada período de tempo de rastreamento e para cada combinação de satélites, com objetivo de evidenciar se há vantagens expressivas na utilização de receptores GNSS multi-constelação para execução de trabalhos de topografia e geodésia em geral.

Os dados brutos do ponto de estudo foram rastreados em uma área sem obstruções no distrito do Cervo, cidade de Borda da Mata/MG e a Estação de Referência escolhida esta localizada na cidade de Inconfidentes/MG.

A linha de base gerada tem comprimento de 16 quilômetros, porém nesta análise despreza-se o comprimento da linha de base e concentra-se na verificação dos resultados obtidos no processamento dos dados, com o objetivo de se comprovar as vantagens da utilização de um receptor GNSS multi-constelação para a realização do posicionamento relativo.

Figura 1 - Linha de base entre o ponto de interesse e a Estação de Referência



Fonte: Autor, 2023

### 3.1 Materiais Utilizados

Para a realização do rastreamento dos dados brutos pelo método relativo estático e estático rápido, foi utilizado um receptor GNSS, modelo SR2, marca Qianxun. Os pontos foram rastreados em períodos de tempo determinados com 5, 10, 15, 30, 60, 120 minutos respectivamente.

Figura 2 - Receptor GNSS Qianxun SR2.



Fonte: Autor, 2023.

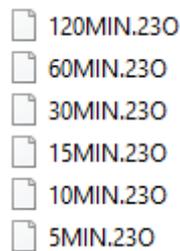
O receptor GNSS QIANXUN, modelo SR2 possui as seguintes especificações técnicas:

- 1198 canais multi-constelação;
- Recepção e gravação do código C/A e portadora L1, L2 e L5;
- 2 baterias removíveis com autonomia de 25h de operação contínua;
- Rádio UHF interno de 2 w de potência de transmissão;

- Precisão no método estático e estático rápido de 2.5 mm+ 0.5 ppm no horizontal e 5 mm+ 0.5 ppm no vertical;
- Precisão no método RTK de 8 mm+ 1 ppm no horizontal e 15 mm+ 1 ppm no vertical.

Como o receptor GNSS SR2 possui configuração interna para que os dados brutos coletados sejam convertidos para o formato RINEX automaticamente, não houve a necessidade da realização da conversão dos dados brutos em um software específico.

Figura 3 - Observáveis RINEX de cada período de rastreamento.



Fonte: Autor, 2023.

Utilizou-se para a realização do processamento dos dados GNSS o software Trimble Business Center versão 5.20, desenvolvido pela empresa Trimble, fabricante americana de equipamentos topográficos e geodésicos.

### 3.2 Procedimentos realizados em campo

Os rastreios dos dados brutos de amostragem foram obtidos em 1 (um) ponto em campo aberto, utilizando o método relativo estático e estático rápido, pois o objetivo foi analisar a variação nos resultados finais obtidos nos processamentos realizados com diferentes períodos de rastreamento e com diferentes constelações utilizadas, como informado na tabela 1.

Tabela 1 - Períodos de rastreamento do ponto.

RATREIO	GPS	GPS + GLONASS	GPS + GLONASS + GALILEO
5 MINUTOS	OK	OK	OK
10 MINUTOS	OK	OK	OK
15 MINUTOS	OK	OK	OK
30 MINUTOS	OK	OK	OK
60 MINUTOS	OK	OK	OK

120 MINUTOS	OK	OK	OK
----------------	----	----	----

Fonte: Autor, 2023

### 3.3 Procedimentos realizados em escritório

Os processamentos dos dados brutos foram realizados no software Trimble Business Center versão 5.20. Utilizou-se como ponto Base a Estação de Referência da RBMC-IBGE localizada na cidade de Inconfidentes/MG (MGIN), que foi obtida no site <https://www.ibge.gov.br/>, acessando o caminho Geociências / Posicionamento geodésico / Redes Geodésicas. Selecionou-se a opção RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS, escolheu-se a Estação de Referência de interesse, definiu-se a data referente ao rastreamento dos dados brutos e realizou-se o download do arquivo compactado no formato .zip.

O software de processamento de dados GNSS Trimble Business Center versão 5.20 foi utilizado para realização de todos os processamentos e análises. Criou-se um projeto e foram definidos os parâmetros do sistema de coordenadas que seria utilizado, que seria o SIRGAS2000 no fuso 23 Sul, referente a região da realização do rastreamento do ponto.

#### 3.3.1 Processamento utilizando somente a constelação GPS

Para a primeira análise dos processamentos de dados GNSS realizados, utilizou-se a constelação GPS de forma isolada, com a realização da desabilitação das demais constelações que foram rastreadas pelo receptor GNSS, sendo elas as constelações GLONASS e Galileo.

Após a realização das configurações necessárias para a execução do processamento, realizou-se a importação dos dados RINEX referentes à Estação de Referência MGIN.

Visualizando as informações da Estação de Referência apresentadas de forma correta no ambiente gráfico do software, realizou-se a importação dos dados RINEX referentes ao ponto de interesse para o processamento. O primeiro processamento será realizado com o arquivo bruto com 5 minutos de rastreamento.

Com os dados GNSS de estudo importados para o software, foi gerada a linha de base entre os pontos e realizada as configurações necessárias para a definição da Estação de Referência e execução do processamento.

Com o processamento realizado, foi possível visualizar a caixa de resultados de processamento que contém os resultados finais, possibilitando a verificação do tipo de solução apresentada e a precisão horizontal e vertical do ponto em questão. Como as informações apresentadas foram satisfatórias, pois a solução foi apresentada como “Corrigido”, que pode ser interpretado como “Fixo” e as precisões foram apresentadas com valores pertinentes com as especificações técnicas para processamento de linhas de base.

Figura 3 - Tabela de Pontos Processados.

Salva	Observação	Tipo de sol	Precisão horiz (1	Precisão vertical (	RMS	Compriment
<input checked="" type="checkbox"/>	MGIN --- BASE	Corrigido	0,019	0,045	0,009	16524,382

Fonte: Autor, 2023.

Em seguida, com a linha de base calculada, foi gerado o relatório final de processamento.

Figura 4 - Relatório de Processamento de Linha de Base

**MGIN - BASE05 (12:39:17-12:44:17) (S14)**

Observação de linha de base:	MGIN -- BASE05 (B14)
Data do Processamento:	01/11/2023 02:33:15
Tipo de solução:	Fixo
Frequência usada:	Frequência dupla (L1, L2)
Precisão horizontal:	0,019 m
Precisão vertical:	0,045 m
RMS:	0,009 m
PDOP Máximo:	2,032
Efeméride usada:	Transmissão
Modelo da antena:	NGS Absolute
Hora de início do processamento:	12/08/2023 12:39:30 (Horário GPS)
Hora de fim do processamento:	12/08/2023 12:44:15 (Horário GPS)
Duração do processamento:	00:04:45
Intervalo de processamento:	15 segundos

**Componentes do vetor (marca a marca)**

De:	MGIN				
	Grid		Local		Global
Direção leste	363219,730 m	Latitude	S22°19'06,82327"	Latitude	S22°19'06,82327"
Direção norte	7531309,953 m	Longitude	O46°19'40,88658"	Longitude	O46°19'40,88658"
Elevação	883,720 m	Altura	883,720 m	Altura	883,720 m

Para:	BASE05				
	Grid		Local		Global
Direção leste	371740,564 m	Latitude	S22°11'29,03041"	Latitude	S22°11'29,03041"
Direção norte	7545461,757 m	Longitude	O46°14'39,04510"	Longitude	O46°14'39,04510"
Elevação	903,185 m	Altura	903,185 m	Altura	903,185 m

<b>Vetor</b>					
$\Delta$ Direção leste	8520,835 m	Azimute de avanço NS	31°33'19"	$\Delta X$	9946,027 m
$\Delta$ Direção norte	14151,804 m	Distância do elip.		16522,047 m	$\Delta Y$ 2104,972 m
$\Delta$ Elevação	19,465 m	$\Delta$ Altura		19,465 m	$\Delta Z$ 13026,921 m

**Desvio Padrão**

<b>Erros de vetor:</b>					
$\sigma \Delta$ Leste	0,018 m	$\sigma$ Azimute de avanço NS	0°00'00"	$\sigma \Delta X$	0,031 m
$\sigma \Delta$ Norte	0,017 m	$\sigma$ Dist. elipsoide		0,016 m	$\sigma \Delta Y$ 0,035 m
$\sigma \Delta$ Elevação	0,045 m	$\sigma \Delta$ Altura		0,045 m	$\sigma \Delta Z$ 0,021 m

Fonte: Autor, 2023.

Para os demais períodos de rastreo, realizou-se o mesmo procedimento de processamento e os resultados foram apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Processamento de ponto utilizando somente a constelação GPS.

PROCESSAMENTO UTILIZANDO CONSTELAÇÃO GPS							
RASTREIO	NORTE	ESTE	ALT. GEO	$\sigma\Delta$ NORTE	$\sigma\Delta$ LESTE	$\sigma\Delta$ ALT.	SOLUÇÃO
5 MINUTOS	7545461,757	371740,564	903,185	0,017	0,018	0,045	FIXO
10 MINUTOS	7545460,961	371740,694	901,985	0,011	0,011	0,024	FIXO
15 MINUTOS	7545460,959	371740,694	901,976	0,008	0,008	0,019	FIXO
30 MINUTOS	7545460,958	371740,694	901,981	0,006	0,006	0,014	FIXO
60 MINUTOS	7545460,958	371740,683	901,940	0,003	0,004	0,027	FIXO
120 MINUTOS	7545460,961	371740,687	901,933	0,003	0,003	0,022	FIXO

Fonte: Autor, 2023.

Na primeira parte da análise, utilizando somente a constelação GPS, foi possível perceber uma discrepância nos resultados apresentados no processamento com período de rastreo de 5 minutos, apresentando um bom desvio padrão, mas com coordenadas muito divergentes dos demais períodos processados. Porém, é possível observar uma melhora significativa na confiabilidade dos resultados obtidos com 10 minutos de rastreo, pois deste período em diante a variação nas coordenadas finais comparadas aos demais períodos de rastreo são coerentes.

Nas informações apresentadas pelo o software Trimble Business Center, foi possível verificar o número de satélites utilizados no processamento para cada período de rastreo (Tabela 3).

Tabela 3 - Satélites rastreados GPS.

SATÉLITES UTILIZADOS NO PROCESSAMENTO				
RASTREIO	GPS	GLONASS	GALILEO	TOTAL
5 MINUTOS	10	0	0	10
10 MINUTOS	10	0	0	10
15 MINUTOS	10	0	0	10
30 MINUTOS	10	0	0	10
60 MINUTOS	11	0	0	11
120 MINUTOS	12	0	0	12

Fonte: Autor, 2023.

### 3.3.2 Processamento utilizando as constelações GPS e GLONASS

Na segunda análise de processamento, utilizou-se as constelações GPS e GLONASS para a realização do processamento, desabilitando apenas os satélites da constelação Galileo. A constelação GLONASS foi habilitada para a realização do processamento e foram mantidos desabilitados todos os satélites da constelação Galileo.

Com a realização do processamento do ponto utilizando as constelações GPS e GLONASS, foi possível identificar uma melhora nos resultados apresentados, mas o ponto com 5 minutos de rastreamento ainda não apresentou uma melhora significativa em seus resultados, sendo mais confiáveis os rastreios de mais de 10 minutos nos casos de processamento de dados brutos rastreados somente com estas duas constelações, como demonstrou-se na tabela 4.

Tabela 4 - Processamento de ponto utilizando as constelações GPS e GLONASS.

PROCESSAMENTO UTILIZANDO CONSTELAÇÃO GPS + GLONASS							
RASTREIO	NORTE	ESTE	ALT. GEO	$\sigma\Delta$ NORTE	$\sigma\Delta$ LESTE	$\sigma\Delta$ ALT.	SOLUÇÃO
5 MINUTOS	7545461,04 6	371740,61 3	901,783	0,019	0,019	0,045	FIXO
10 MINUTOS	7545460,96 3	371740,69 5	901,984	0,010	0,010	0,021	FIXO
15 MINUTOS	7545460,96 1	371740,69 4	901,976	0,009	0,009	0,019	FIXO
30 MINUTOS	7545460,96 0	371740,69 4	901,983	0,006	0,007	0,014	FIXO
60 MINUTOS	7545460,95 7	371740,68 6	901,943	0,003	0,003	0,022	FIXO
120 MINUTOS	7545460,95 9	371740,68 4	901,953	0,002	0,002	0,016	FIXO

Fonte: Autor, 2023.

Na tabela 5 podemos verificar a quantidade de satélites que foram utilizados no posicionamento.

Tabela 5 - Satélites rastreados GPS + GLONASS.

SATÉLITES UTILIZADOS NO PROCESSAMENTO				
RASTREIO	GPS	GLONASS	GALILEO	TOTAL
5 MINUTOS	10	6	0	16
10 MINUTOS	10	7	0	17
15 MINUTOS	10	7	0	17
30 MINUTOS	10	8	0	18
60 MINUTOS	11	9	0	20
120 MINUTOS	12	10	0	22

Na terceira análise, utilizou-se as constelações GPS, GLONASS e Galileo para a realização do processamento. Com a realização do processamento do ponto utilizando as constelações GPS, GLONASS e Galileo, foi possível identificar uma melhora importante nos resultados apresentados (Tabela 6), tendo o ponto com 5 minutos de rastreo ainda não apresentou uma melhora significativa em seus resultados, sendo mais confiáveis os rastreios de mais de 10 minutos nos casos de processamento de dados brutos rastreados somente com estas duas constelações.

Tabela 6 - Processamento de ponto utilizando as constelações GPS, GLONASS e Galileo.

PROCESSAMENTO UTILIZANDO CONSTELAÇÃO GPS + GLONASS + GALILEO							
RASTREIO	NORTE	ESTE	ALT. GEO	$\sigma\Delta$ NORTE	$\sigma\Delta$ LESTE	$\sigma\Delta$ ALT.	SOLUÇÃO
5 MINUTOS	7545460,97 5	371740,66 2	901,954	0,021	0,020	0,045	FIXO
10 MINUTOS	7545460,96 5	371740,69 6	901,983	0,009	0,009	0,018	FIXO
15 MINUTOS	7545460,96 3	371740,69 4	901,976	0,010	0,010	0,019	FIXO
30 MINUTOS	7545460,96 2	371740,69 4	901,985	0,006	0,008	0,014	FIXO
60 MINUTOS	7545460,95 6	371740,68 9	901,946	0,003	0,002	0,017	FIXO
120 MINUTOS	7545460,95 7	371740,68 1	901,955	0,001	0,001	0,010	FIXO

Fonte: Autor, 2023.

Na tabela 7 podemos verificar a quantidade de satélites que foram utilizados no posicionamento.

Tabela 7 - Satélites rastreados GPS + GLONASS + Galileo.

SATÉLITES UTILIZADOS NO PROCESSAMENTO				
RASTREIO	GPS	GLONASS	GALILEO	TOTAL
5 MINUTOS	10	6	5	21
10 MINUTOS	10	7	5	22
15 MINUTOS	10	7	5	22
30 MINUTOS	10	8	5	23
60 MINUTOS	11	9	6	26
120 MINUTOS	12	10	9	31

Fonte: Autor, 2023.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os processamentos realizados comprovaram que os resultados obtidos se tornam mais confiável à medida que mais constelações são englobadas ao rastreo. Apesar da linha de base ser extensa, realizou-se uma análise de forma satisfatória para se alcançar o objetivo do trabalho, comprovando que principalmente em rastreios pelo método relativo estático rápido, com períodos de tempo de armazenamento abaixo de 15 minutos, os receptores GNSS multi-constelações serão indispensáveis para uma execução segura e confiável dos trabalhos de topografia e geodesia.

Observou-se que no processamento dos dados brutos que utilizaram somente a constelação GPS no posicionamento, os resultados apresentados no processamento do arquivo bruto com 5 minutos de rastreo, mesmo com solução fixa, não se apresentaram satisfatórios, com coordenadas preocupantemente discrepantes dos resultados de processamento dos demais períodos de tempo.

Verificou-se diferenças em Norte, Este e Altura Geométrica encontradas entre os resultados apresentados no processamento do dado bruto com 5 minutos de rastreo, comparando-o aos demais períodos de tempo processados. Na tabela 8 é possível observar uma grande diferença encontrada no eixo Norte e na altura geométrica.

Tabela 8 - Diferenças entre resultados obtidos em processamento.

RASTREIO	NORTE	ESTE	ALT. GEO	DIF. N	DIF. E	DIF. ALT
<b>5 MINUTOS</b>	<b>7545461,757</b>	<b>371740,564</b>	<b>903,185</b>			
10 MINUTOS	7545460,961	371740,694	901,985	0,796	-0,130	1,200
15 MINUTOS	7545460,959	371740,694	901,976	0,798	-0,130	1,209
30 MINUTOS	7545460,958	371740,694	901,981	0,799	-0,130	1,204
60 MINUTOS	7545460,958	371740,683	901,940	0,799	-0,119	1,245
120 MINUTOS	7545460,961	371740,687	901,933	0,796	-0,123	1,252

Fonte: Autor, 2023.

Após os resultados divergentes no processamento dos dados brutos de 5 minutos de rastreo, observou-se uma expressiva estabilização nos resultados apresentados nos processamentos dos demais períodos de tempo, assegurando que um período de rastreo de 10 minutos já seria suficiente para termos uma confiabilidade nos resultados finais.

Tabela 9 - Diferenças entre resultados obtidos em processamento.

RASTREIO	NORTE	ESTE	ALT. GEO	DIF. N	DIF. E	DIF. ALT
10 MINUTOS	7545460,961	371740,694	901,985			
15 MINUTOS	7545460,959	371740,694	901,976	0,002	0,000	0,009
30 MINUTOS	7545460,958	371740,694	901,981	0,003	0,000	0,004
60 MINUTOS	7545460,958	371740,683	901,940	0,003	0,011	0,045
120 MINUTOS	7545460,961	371740,687	901,933	0,000	0,007	0,052

Fonte: Autor, 2023.

Também se observou que no processamento dos dados brutos que utilizaram as constelações GPS e GLONASS no posicionamento, os resultados apresentados no processamento do arquivo bruto com 5 minutos de rastreo, também com solução fixa, apresentaram melhoras significativas (Tabela 10), mais ainda com valores discrepantes dos resultados de processamento dos demais períodos de tempo.

Tabela 10 - Diferenças entre resultados obtidos em processamento - GPS + GLONASS

RASTREIO	NORTE	ESTE	ALT. GEO	DIF. N	DIF. E	DIF. ALT
5 MINUTOS	7545461,046	371740,613	901,783			
10 MINUTOS	7545460,963	371740,695	901,984	0,083	-0,082	-0,201
15 MINUTOS	7545460,961	371740,694	901,976	0,085	-0,081	-0,193
30 MINUTOS	7545460,960	371740,694	901,983	0,086	-0,081	-0,200
60 MINUTOS	7545460,957	371740,686	901,943	0,089	-0,073	-0,160
120 MINUTOS	7545460,959	371740,684	901,953	0,087	-0,071	-0,170

Fonte: Autor, 2023.

Quando alcançada a terceira parte da análise, utilizou-se para o processamento todas as constelações disponíveis (GPS, GLONASS e Galileo). Desta vez, o processamento alcançou-se os resultados esperados até mesmo para o arquivo bruto de 5 minutos de rastreo, verificando assim a importância de um receptor GNSS multi-constelação para o posicionamento geodésico atualmente. Utilizando todas as constelações disponíveis, os resultados se apresentaram mais confiáveis, até mesmo com rastreios realizados pelo método relativo estático rápido, como um período mais curto de rastreo.

Tabela 11 - Diferenças entre resultados obtidos em processamento

RASTREIO	NORTE	ESTE	ALT. GEO	DIF. N	DIF. E	DIF. ALT
<b>5 MINUTOS</b>	<b>7545460,975</b>	<b>371740,662</b>	<b>901,954</b>			
<b>10 MINUTOS</b>	7545460,965	371740,696	901,983	0,010	-0,034	-0,029
<b>15 MINUTOS</b>	7545460,963	371740,694	901,976	0,012	-0,032	-0,022
<b>30 MINUTOS</b>	7545460,962	371740,694	901,985	0,013	-0,032	-0,031
<b>60 MINUTOS</b>	7545460,956	371740,689	901,946	0,019	-0,027	0,008
<b>120 MINUTOS</b>	7545460,957	371740,681	901,955	0,018	-0,019	-0,001

Fonte: Autor, 2023.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo desta análise foi alcançado de forma satisfatória em relação aos resultados apresentados nos processamentos realizados. Constatou-se ao decorrer da obtenção dos resultados finais referentes aos rastreios realizados pelo método estático, que ainda é confiável a utilização de um receptor GPS para a obtenção dos dados brutos dos pontos de interesse, pois as coordenadas e precisões se mantiveram estáveis nos processamentos em períodos com mais de 15 minutos de armazenamento. Por outro lado, os resultados finais referentes aos rastreios realizados pelo método estático rápido não apresentaram confiabilidade expressiva utilizando somente a constelação GPS, havendo uma pequena melhora quando se realizou o processamento utilizando as constelações GPS e GLONASS, porém ainda não o suficiente para serem atingidos resultados aceitáveis.

No momento que foram habilitadas todas as constelações (GPS, GLONASS e Galileo) para a realização dos processamentos, observou-se uma melhora expressiva nos processamentos realizados com dados brutos obtidos pelo método estático rápido, apresentando bons resultados para o período de rastreo mais curto desta análise, que possui 5 minutos de rastreo.

Conclui-se que os receptores que armazenam dados brutos utilizando somente a constelação GPS, exigem atenção e planejamento para os períodos de rastreo que serão realizados em campo, evitando a realização de rastreios muito curtos, com tempo de coleta inferiores a 10 minutos. Porém, em armazenamentos mais longos, estes receptores atendem perfeitamente.

Com a utilização de receptores GNSS multi-constelações, os dados brutos armazenados poderão ser utilizados com segurança até mesmo em rastreios com

período de tempo mais curto, inferiores a 10 minutos. O dado bruto processado, mesmo com um período de 5 minutos de rastreamento, apresentou resultados próximos a outro dado bruto com um período de 120 minutos de rastreamento, comprovando assim a eficácia no posicionamento utilizando este tipo de receptor e a produtividade que um receptor GNSS multi-constelação pode proporcionar em levantamentos topográficos em áreas com obstruções naturais e artificiais, que obrigam o operador a utilizar o método relativo estático ou estático rápido.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Execução de levantamento topográfico, de 30 de junho de 1994. NBR 13.133. Levantamento topográfico, Rio de Janeiro, junho de 1994.

FORTES, L. P. S. "OPERACIONALIZAÇÃO DA REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DO SISTEMA GPS (RBMC)". Tese de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia (IME). 1997.

GPS (2023). Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS). Disponível: <https://www.gps.gov/systems/gps/space/#generations>.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. GNSS - Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Wien: Springer, 2008.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Especificações e Normas Gerais para levantamentos GPS, Rio de Janeiro, 1992.

MENEGHINI, C.; PARENTE, C. Advantages of Multi GNSS Constellation: GDOP Analysis for GPS, GLONASS and Galileo Combinations. International Journal of Engineering and Technology Innovation, vol. 7, no. 1, pp. 01 - 10. 2017.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

SCARAMBONI, F. A., CHAVES, J. C., Processamento GNSS no GAMIT/GLOBK utilizando o GridUNESP. Anais do VII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. Curitiba, 2013.

SEEBER, G. Satellite Geodesy: foundations, methods and applications. 2.ed., Berlin, New York: Walter de Gruyter, 589p, 2003.

SEGANTINE, P. C. L. Curso de Atualização em Topografia e GPS. Departamento de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1997.

SETTI JÚNIOR, P. T.; ALVES, D. B. M. Posicionamento por ponto combinado GPS e Galileo: melhorias na geometria dos satélites e na estimativa da posição. IV Simpósio Brasileiro de Geomática (SBG2017) e II Jornadas Lusófonas - Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica (CTIG2017). Presidente Prudente - SP, p 558 - 562. 2017.