



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



UMA ANÁLISE TEMPORAL DA ACURÁCIA DAS EFEMÉRIDES TRANSMITIDAS E A CORREÇÃO PARA O OFFSET DO CENTRO DE FASE ENTRE OS ANOS DE 2015 E 2020 PARA O GNSS

LORAM SIQUEIRA¹; JOÃO FRANCISCO GALERA MONICO²

RESUMO

A modernização do GNSS (Global Navigation Satellite System) com a inclusão de novas constelações e melhorias nos sistemas já disponíveis tem sido avaliada com grande interesse na última década. A combinação de diferentes constelações de satélites expande as aplicações possíveis, de modo que o termo multi-GNSS apareceu para designar o uso desses múltiplos sistemas de navegação. Nesse tópico, um elemento importante é a qualidade das mensagens de navegação disponibilizadas por cada sistema para determinar as coordenadas dos satélites que serão utilizadas para calcular a posição do usuário. Este artigo analisa a precisão das mensagens de navegação dos arquivos de transmissão mesclados dos três sistemas globais (GPS, Galileo e BeiDou) por seis anos (2015 a 2020) e a influência do deslocamento do centro da fase do satélite na acurácia das efemérides. Efeméride precisa foram utilizadas como referência após a aplicação da correção do centro de fase da antena. A comparação mostrou que para o conjunto de dados apresentado, GPS apresenta uma precisão de 1,86 m, Galileo de 2,12 m e BeiDou de 3,11. Ao aplicar as correções para o deslocamento do centro de fase para cada satélite, todos os sistemas melhoram a precisão das coordenadas obtidas pela mensagem de navegação de 0,13 m para GPS, 1,04 m para Galileo e 0,09 m para BeiDou. Galileo apresentou uma diminuição nos valores de RMSE com o passar dos anos analisados e atualmente tem uma melhor acurácia que o GPS, este resultado mostra as mudanças e melhorias que o sistema vem sofrendo nos últimos anos.

Palavras-chave: Efemérides 1. Acurácia 2. GNSS 3.

1 INTRODUÇÃO

Determinar a localização de um objeto na superfície terrestre ou próximo a ela é uma atividade fundamental em muitos campos da ciência. Os métodos clássicos para obter a posição eram realizados a partir de bússolas e sextantes entre outros métodos mecânicos auxiliados, sempre, de dados de astronomia de posição. Com o desenvolvimento do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) hoje, as atividades relacionadas ao posicionamento mudaram drasticamente (PLAG; PEARLMAN, 2006). Atualmente, existem quatro GNSSs em

¹ Universidade Estadual Paulista (UNESP), loram.siqueira@unesp.br

² Universidade Estadual Paulista (UNESP), galera.monico@unesp.br



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



operação ou em fase de implementação: GPS (Global Positioning System) dos Estados Unidos da América (EUA); GLONASS (Sistema Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya) da Rússia; Galileo da União Europeia (UE) e BDS (BeiDou Navigation Satellite System) da China.

O Departamento de Defesa (DoD) desenvolveu o *Navigation Satellite Timing and Ranging (NAVSTAR)* GPS para os EUA com o objetivo principal de atender às necessidades militares. Funciona 24 horas por dia em qualquer local e condições climáticas do mundo (LEICK; RAPOPORT; TATARMIKOV, 2014; MONICO, 2008). O GPS consiste em 24 satélites de órbita em média altitude (MEO) em 6 planos orbitais circulares, 4 satélites cada plano e sua órbita possui um raio médio de 20200 km. Os planos são inclinados 55 ° em relação ao equador. O projeto teve início em 1973 e foi declarado operacional com constelação completa em 1995 (SEEBER, 2003).

O Galileo é uma iniciativa da União Europeia, com uma constelação final de 24 satélites (mais 3 sobressalentes). O sistema é relativamente novo quando comparado com o GPS, que surgiu no início dos anos 70, sendo seus conceitos básicos desenvolvidos no final dos anos 90. O Galileo adotou o GST (*Galileo Time System*), a época inicial para o GST é 00:00 em 22 de agosto de 1999 UTC (meia-noite entre 21 e 22 de agosto de 1999). O GST tem um *offset* em relação ao de TAI (*International Atomic Time*) de 19 segundos. O Galileo estabelece sua própria referência terrestre (GTRF – *Galileo Terrestrial Reference Frame*) que está alinhado ao ITRF em relação à origem, escala, orientação e variação, de modo a permanecer dentro de 3 cm (2-sigma) do ITRF. Embora o GTRF seja diferente do referencial de coordenadas do GPS (WGS84), ambos diferem menos do que alguns centímetros em relação ao ITRF, garantindo interoperabilidade para a maioria das aplicações (BEARD; SENIOR, 2017) (BEARD; SENIOR, 2017).

O Sistema de Navegação por Satélite chinês BeiDou (BDS) teve seu desenvolvimento estruturado em uma estratégia de “três etapas”. O sistema de demonstração foi o primeiro passo (BDS-1), seguido pelo sistema regional (BDS-2) e o sistema global (BDS-3) (YANG; TANG; MONTENBRUCK, 2017). O desenvolvimento do BeiDou-1 começou em 1994 e as suas operações iniciaram em 2000, apresentando os três satélites GEO que compõem o sistema de navegação regional em 2003, sendo esses o resultado de pesquisas iniciadas em 1980. O sistema completo inclui 6 satélites geoestacionários, 10 geosíncronos e 27 MEO. A referência de tempo é o BeiDou Time (BDT). O BDT é uma escala de tempo de navegação contínua, é representado pelo número da semana BeiDou e segundos da semana (SoW), variando de 0



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



a 604.799. A origem do BDT é 1º de janeiro de 2006 (domingo) UTC e está alinhado ao TAI, exceto por um *offset* de 33 segundos (YANG; TANG; MONTENBRUCK, 2017). O sistema de referência do BeiDou está conectado ao Sistema de Coordenadas Geodésicas da China 2000 (CGCS2000), que está alinhado ao ITRS. CGCS2000 é realizado a partir do *China Terrestrial Reference Frame* (CTRF).

Um elemento importante para todo sistema de navegação são as efemérides transmitidas, que permitirão ao usuário calcular a posição e a velocidade dos satélites na constelação. A precisão das efemérides também influenciará a qualidade do processo de posicionamento do ponto, pois as coordenadas adquiridas dos elementos keplerianos ou cartesianos serão incluídas como informações durante o processo de ajustamento. Por exemplo, segundo o IGS, a precisão das coordenadas obtidas nas efemérides transmitidas por GPS é da ordem de 1 metro (LEICK; RAPOPORT; TATARMIKOV, 2014). Para o GNSS, a aplicabilidade efemérides transmitidas ganha um novo papel, pois os diferentes sistemas são desenvolvidos separadamente, conforme apresentado anteriormente, e possuem diferentes níveis de qualidade para seus dados de navegação. Os primeiros estudos mostraram que para efemérides Galileo, o RMSE (raiz do erro quadrático médio) obtido em comparação com os produtos precisos finais é de cerca de 4 metros (STEIGENBERGER *et al.*, 2015), valores esses, discrepante com a qualidade das coordenadas GPS. Para os outros dois sistemas (BeiDou e GLONASS) o número de estudos sobre a qualidade de suas efemérides é menor; Statella *et al.* (2013) mostraram que para GLONASS o RMSE tridimensional é de 6,53 m Montenbruck e Steigenberger (2013) apresentaram um RMSE 3D melhor que 3 m para os satélites MEO / IGSO BeiDou. Seguindo a ideia da importância das efemérides transmitidas, neste artigo, foram apresentados as análises da influência da correção entre o centro de massa (CoM), a onde as coordenadas precisas são determinadas, e o centro de fase (CoP), local o qual as efemérides transmitidas são referenciadas. Analisou-se também o estabelecimento dos novos sistemas e a melhora temporal na qualidade de suas efemérides transmitidas entre os anos de 2015 a 2020. Foram analisados somente os sistemas que requerem essa correção (GPS, Galileo e BeiDou). O artigo é estruturado da seguinte forma: apresentação dos modelos de efemérides, elementos Keplerianos transmitidos, metodologia, resultados e conclusões.

2 MODELOS DE EFEMÉRIDES

Os satélites GNSS transmitem as mensagens de navegação usadas para calcular as



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



coordenadas do satélite. No caso dos satélites GPS, Galileo e BeiDou, as informações são transmitidas através dos elementos Keplerianos em primeira aproximação, e as perturbações são tratadas como variações temporais nos elementos orbitais (MONICO, 2008; SEEBER, 2003).

Para os elementos Keplerianos, a posição e a velocidade da espaçonave podem ser calculadas a partir dos parâmetros orbitais dados em qualquer época desejada no intervalo em que a mensagem é válida. Para GPS, a mensagem de navegação é transmitida como LNAV (*Legacy Navigation Message*). Além do LNAV, quatro novas mensagens adicionais foram introduzidas pela modernização do GPS: L2-CNAV (Mensagem de Navegação Civil), CNAV-2, L5-CNAV e MNAV (Mensagem de Navegação Militar). O L2-CNAV, L5-CNAV e MNAV têm uma estrutura semelhante, porém permitem mais flexibilidade, melhor controle e conteúdo aprimorado. Além disso, o MNAV inclui novas melhorias para a segurança e robustez da mensagem militar. O CNAV-2 será modulado L1C, compartilhando a mesma banda da mensagem de navegação. Para alcançar uma maior precisão, os desvios do semieixo maior e o movimento médio são, ainda, considerados no CNAV. Além disso, o CNAV fornece o deslocamento do desvio nodal de um valor de referência em vez do valor total para obter maior precisão com um número menor de bits de dados. (HUGENTOBLE; MONTENBRUCK, 2017)

Os satélites Galileo podem transmitir duas mensagens de navegação diferentes: A Mensagem de Navegação de acesso Livre (FNAV) e a Mensagem de Navegação de Integridade (INAV). As mensagens INAV são em serviços SoL (*Safety-of-life*). As estruturas de mensagem INAV são transmitidas nas bandas de frequência E5b (1207,14 MHz) e E1 (1575,42 MHz). O FNAV é utilizada no serviço aberto (OS) e é transmitida na banda de frequência E5a (1176,45 MHz).

Todos os elementos orbitais e parâmetros em uma mensagem de navegação de transmissão referem-se a uma origem, chamada de tempo das efemérides (t_{oe}). O intervalo de aplicabilidade para cada tipo de mensagem é apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Intervalo de aplicabilidade de efemérides transmitidas

Constelação	Type	From	To
GPS	LNAV	$t_{oe} - 120min$	t_{oe}
	CNAV	$t_{oe} - 90min$	$t_{oe} + 30min$
Galileo	INAV/FNAV	$\approx t_{oe} + 10min$	$\approx t_{oe} + 180min$
BeiDou		$t_{oe} - 30min$	$t_{oe} + 30min$

Fonte: HUGENTOBLE; MONTENBRUCK (2017)

A lista dos parâmetros transmitidos, assim como sua posição dentro do bloco de mensagens podem ser encontrados em Monico (2008).



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



2.1 Offset entre o CoP e o CoM e sistema de referência do satélite

Para comparar as coordenadas finais do satélite com aquelas adquiridas das efemérides transmitidas, é necessário corrigir a separação entre o CoM, onde as coordenadas precisas são determinadas, e o CoP, onde as coordenadas obtidas a partir das efemérides transmitidas estão. É necessário o vetor do centro de fase para monitorar a orientação do satélite enquanto ele percorre sua órbita a Terra. A correção será feita em um referencial corpo-fixa (KOUBA, 2009).

O referencial de corpo-fixa descreve a orientação do satélite no espaço (\mathcal{R}_{BF}) e está vinculado à estrutura mecânica do satélite que permite a especificação da posição da antena em relação ao CoM. Os eixos do corpo da espaçonave fornecem a escolha natural para a definição da estrutura corpo-fixa. As convenções IGS para o eixo referencial foram apresentadas por Montenbruck et al. (2015). As convenções são baseadas na atribuição de quadros para o Bloco II / IIA do GPS (PENINA; LISA, 2003). Os valores do deslocamento podem ser obtidos no IGS Antenna Exchange Format (ANTEX) (MONTENBRUCK; STEIGENBERGER; HAUSCHILD, 2018).

3 METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo avaliar a acurácia das efemérides transmitidas e a influência das correções do offset do centro de fase (PCO) nas coordenadas calculadas. Foram analisados três sistemas (GPS, Galileo e BeiDou) por seis anos (2015, 2016, 2017, 2018 e 2020). Para processar os dados, scripts foram desenvolvidos em Python 3.8, os dados usados foram os arquivos de diários mesclados de efemérides transmitidas disponibilizados pelo *Crustal Dynamics Data Information System* (CDDIS).

A partir dos dados de navegação, um processo de filtragem foi realizado para excluir satélites considerados *unhealthy*. Com os satélites restantes, uma segunda filtragem foi realizada para excluir efemérides duplicadas para o mesmo tempo de origem. Foram adquiridos as coordenadas e velocidades. Para 2015, 2016, 2017 e 2018 as coordenadas foram obtidas a cada 15 minutos, para 2019 e 2020 a cada 5 minutos. Esses intervalos foram escolhidos para coincidir com os dados disponíveis de efemérides precisas.

As coordenadas e velocidades foram então transformadas para o sistema local (*radial, along-track* e *cross-track*) para calcular as diferenças entre as coordenadas precisas e as obtidas por efemérides transmitidas. Em seguida, as coordenadas finais foram transformadas



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



no sistema de corpo fixo IGS (MONTENBRUCK, O et al., 2015) e as correções, do arquivo igs antex 2014, foram aplicadas para cada satélite para mover as coordenadas do CoM para o CoP. A partir desses resultados, calculamos a raiz do erro quadrático médio (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - \hat{O}_i)^2} \quad (1)$$

Os valores O_i são as coordenadas de referência, obtidos das efemérides precisas, enquanto os valores \hat{O}_i são as coordenadas calculadas a partir das efemérides transmitidas. O GPS teve um RMSE 3D menor que 2 metros em todos os seis anos. A componente *along-track* apresentou valores maiores em relação as outras duas componentes. Os resultados de RMSE mostraram estabilidade ao longo dos anos, e a correção entre CoP e CoM teve maior impacto no componente radial. O RMSE com as correções de PCO foi menor em todos os seis anos

Já o Galileo apresentou variação ao longo dos anos, diminuindo seu RMSE em todos os componentes e apresentando uma diferença mais significativa quando o PCO foi aplicado. Em 2015, o RMSE 3D era de quase 8 metros sem e 5 metros com correções e 1,2 metros e 0,4 metros em 2020, respectivamente. A componente *along-track* apresentou os maiores erros até 2017, após, a componente radial passou a ser a maior fonte de erro nas coordenadas do satélite. Os resultados do Galileo mostram porque o componente temporal é importante nas análises da precisão da mensagem de navegação.

O BeiDou teve alguns resultados discrepantes para 2015 e 2020, quando corrigido o RMSE final foi maior do que sem correção. Para os outros anos, as correções PCO diminuíram os valores em alguns centímetros. No geral, as efemérides transmitidas para BeiDou tiveram um RMSE 3D da ordem de 3 metros.



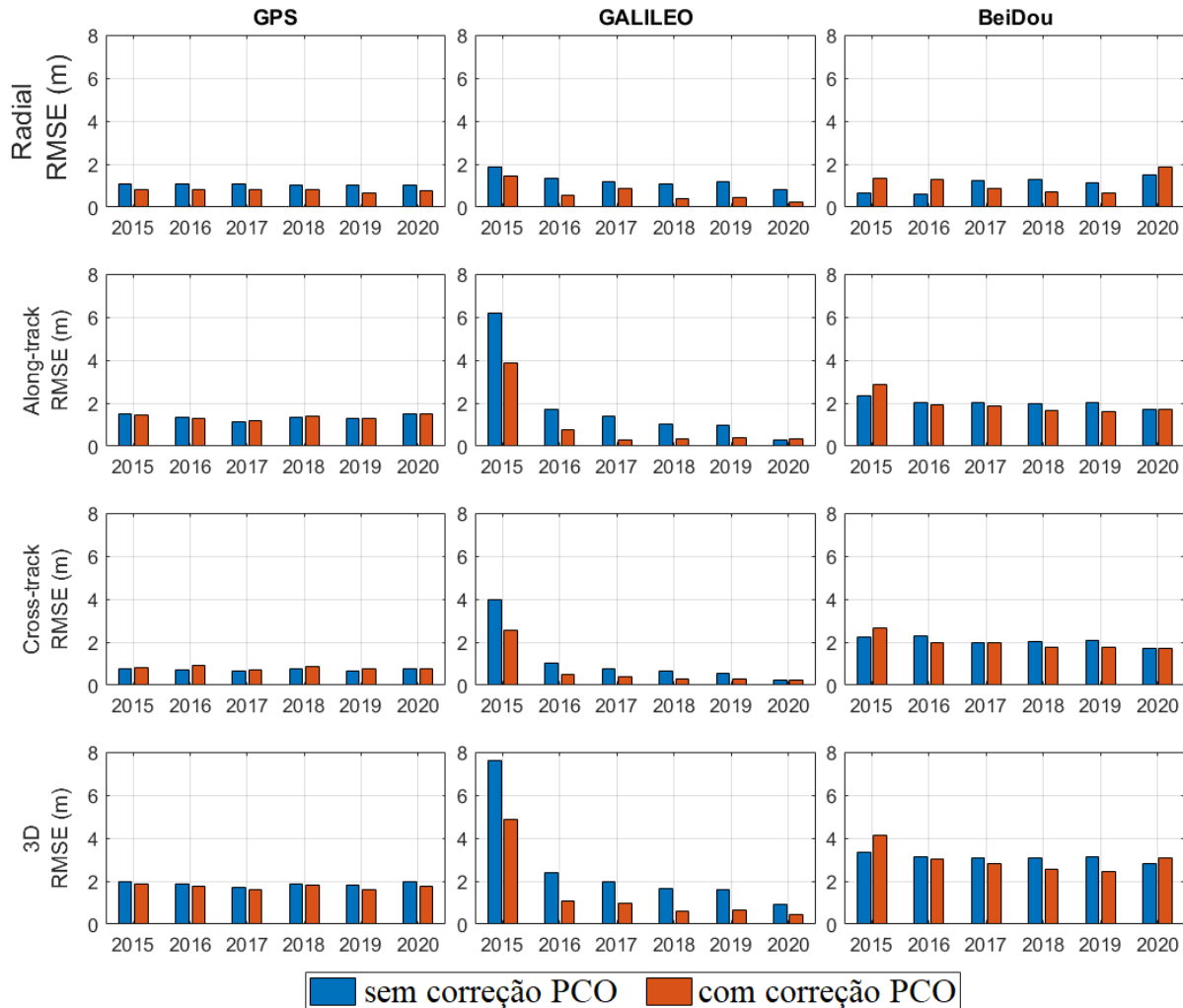
II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



Figura 1 – RMSE por ano para cada sistema analisado no sistema de referência local do satélite (*along-track*, *cross-track* e radial)



Foi realizada uma análise satélite a satélite para verificar a qualidade individual. A Figura 2 mostra os resultados do RMSE 3D para cada satélite de cada sistema durante todos os seis anos. Para BeiDou, os satélites mostrados são aqueles disponíveis no arquivo de efemérides precisas (MEO). No geral, o BeiDou não apresentou discrepâncias entre os satélites e os resultados com e sem correção de PCO tiveram pequenas diferenças (alguns centímetros) para melhor (C06, C07, C09, C10, C11, C12, C13, C14 e C16) e pior (C08). Para todos os satélites, o Galileo melhorou seu RMSE ao aplicar a correção de deslocamento do centro de fase. E11, E12 e E19 tiveram o maior RMSE, porém também são os satélites mais antigos da constelação. Para os satélites GPS, os resultados foram consistentes, com exceção do G04. G04 foi analisado até 2019; depois dessa data ele foi substituído pelo primeiro satélite do



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

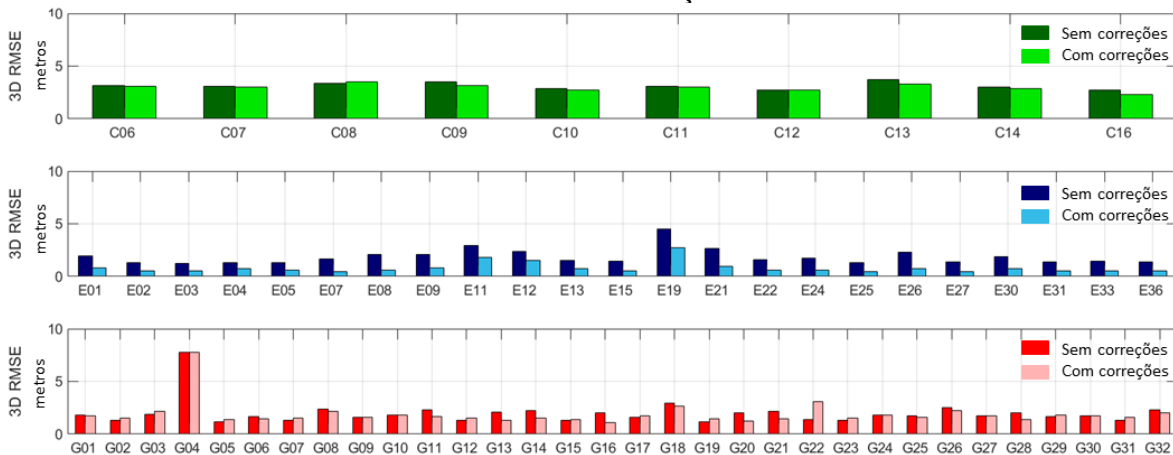
“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



bloco III e seus dados não foram considerados nessa pesquisa. Alguns satélites tiveram um RMSE pior ao aplicar as correções PCO (G02, G03, G05, G07, G12, G17, G19, G22, G23 e G31).

Figure 5 – RMSE por satélites utilizando todos os 6 anos de dados para cada satélite no sistema de referência local. Cores escuras indicam valores sem correção do PCO e cores claras com correção



A Tabela 1 mostra os resultados do RMSE para os seis anos. Comparou-se os resultados com e sem correção de PCO para BeiDou, Galileo e GPS. Para as análises de seis anos, a maioria dos componentes dos sistemas teve uma melhoria ao aplicar as correções, exceto o cross-track GPS.

Table 2 – Diferença entre o RMSE 3D sem correções PCO e com correções

System	Radial Difference (m)	Along-track Difference (m)	Cross-track Difference (m)	3D Difference (m)
GPS	0.29	0.02	-0.10	0.13
Galileo	0.63	0.75	0.42	1.04
BeiDou	0.06	0.08	0.08	0.09

4 CONCLUSIONS

A modernização do GNSS com a inclusão do BDS e do Galileo na última década melhorou a qualidade e confiabilidade da aplicação nas atividades de navegação e cronometrage. O Galileo, especificamente, tem crescido rapidamente e está quase totalmente operacional. A integração entre os sistemas, entretanto, ainda precisa ser totalmente entendida. Cada GNSS tem sua realização, sistema de tempo, sistema de referência e uma estrutura diferente para seus satélites.

Estudos anteriores foram feitos sobre a precisão das efemérides transmitidas (Warren,



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

*Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021*



2002; Montenbruck et al., 2014; Maciuk, 2016). No entanto, um período de análise mais longo foi usado para acessar a variação temporal e avaliar sua mudança ao longo dos anos. As coordenadas do satélite foram determinadas usando os métodos indicados em cada ICD (*interface control document*), respectivamente.

Outros autores avaliaram a acurácia das efemérides, mas em sua maioria, os estudos não mencionaram as correções necessárias entre o centro de fase, onde são calculadas as coordenadas a partir das efemérides transmitidas, e o centro de massa, onde são determinadas as efemérides finais. Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar a influência da correção do PCO na precisão final ao usar um conjunto de dados de seis anos para cada sistema.

Os resultados gerais mostram que os sistemas não apresentam a mesma qualidade em sua mensagem de navegação. Durante os seis anos, o Galileo teve o menor RMSE (com correção) de 1,08 m, seguido pelo GPS (1,73 m) e depois pelo BeiDou (3,02 m). Alguns satélites tiveram um valor pior do RMSE 3D ao aplicar a correção, mas no geral, a qualidade dos sistemas melhorou. Algumas considerações podem ser feitas: As variações do BeiDou em 2015 e 2020 podem ser devidas ao fato de que o sistema pode aceitar dois modelos de atitude (*yaw* e órbita-normal). O modelo de atitude usado dependerá do ângulo de elevação do sol. A atitude normal da órbita é usada quando o ângulo é menor que 4 °, mas não foi considerada nesta pesquisa. Para o GPS, os piores resultados no *cross-track* podem ser devido à transformação entre os sistemas de referência para aplicar as correções. Mais análises são necessárias para compreender completamente o processo de transformação para o sistema de corpo fixo e determinar sua qualidade e resíduos.

Embora não seja mencionado em vários estudos, a correção entre CoM e CoP na comparação e no uso das efemérides é altamente recomendada. Neste estudo, todos os sistemas tiveram uma melhoria quando tais correções foram aplicadas.



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



REFERÊNCIAS

BEARD, R; SENIOR, K. Clocks. *In*: TEUNISSEN, Peter J.G.; MONTENBRUCK, Oliver (eds.). **Spring Handbook of Global Navigation Satellite System**. [S. l.]: Spring, 2017. p. 121–164.

HUGENTOBLE, Urs; MONTENBRUCK, Oliver. Satellite Orbits and Attitude. *In*: TEUNISSEN, Peter J.G.; MONTENBRUCK, Oliver (eds.). **Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems**. 1st ed. [S. l.]: Springer, 2017. p. 59–90.

KOUBA, Jan. A GUIDE TO USING INTERNATIONAL GNSS SERVICE (IGS) PRODUCTS. 2009. Available at: <http://acc.igs.org/UsingIGSProductsVer21.pdf>. Accessed on: 6 Jun. 2018.

LEICK, Alfred; RAPOPORT, Lev; TATARMIKOV, Dmitry. **GPS SATELLITE SURVEYING**. 4th ed. [S. l.: s. n.], 2014.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS**. 2nd ed. São Paulo - SP: Editora Unesp, 2008.

MONTENBRUCK, Oliver; STEIGENBERGER, Peter. The BeiDou Navigation Message. **Journal of Global Positioning Systems**, vol. 12, no. 1, p. 1–12, 2013. <https://doi.org/10.5081/jgps.12.1.1>.

MONTENBRUCK, Oliver; STEIGENBERGER, Peter; HAUSCHILD, André. Multi-GNSS signal-in-space range error assessment – Methodology and results. **Advances in Space Research**, vol. in press, p. 20, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.03.041>.

PENINA, Axelrad; LISA, Reeh. GPS Modeling Summary and Analysis GPS Satellite Predictions Axial Ratio of Research : 2003. .

SEEBER, Günter. **Satellite geodesy : foundations, methods, and applications**. New York: Walter de Gruyter, 2003.

STATELLA, Thiago; AGUIAR, Claudinei R; MONICO, João F G; NOGUEIRA, José R. Cálculo dos vetores de posição e velocidade dos satélites GLONASS a partir das efemérides transmitidas e aspectos relacionados à sua integração com o GPS. vol. 40, no. 2, p. 1–7, 2013.

STEIGENBERGER, Peter; HUGENTOBLE, Urs; LOYER, Sylvain; PEROSANZ, Felix; PRANGE, Lars; DACH, Rolf; UHLEMANN, Maik; GENDT, Gerd; MONTENBRUCK, Oliver. Galileo orbit and clock quality of the IGS Multi-GNSS Experiment. **Advances in Space Research**, vol. 55, p. 269–281, 2015. DOI 10.1016/j.asr.2014.06.030. Available at: https://ac.els-cdn.com/S0273117714004104/1-s2.0-S0273117714004104-main.pdf?_tid=509d6766-8e16-407a-84c7-b9d2d895e5bd&acdnat=1528224152_16958b6948ff03f078149be08bd9178d. Accessed on: 5 Jun. 2018.

YANG, Yuanxi; TANG, Jing; MONTENBRUCK, Oliver. Chinese Navigation Satellite Systems. **Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 273–304. DOI 10.1007/978-3-319-42928-1_10. Available at: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-42928-1_10.



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

*Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021*

