Universidade Federal do Ceará
Departamento de Transportes
Programa de pós-graduação em Engenharia de Transportes
Discente: Fábio Carneiro Lobo
Orientador: Carlos Uchôa

Relatório de atividade – Testes receptores GNSS e serviço RBMC-IP

Foi realizado, no Campus do PICI, sábado dia 24/03/2018; uma avaliação de equipamentos para posicionamento GNSS, dentro das atividades de campo do programa de doutoramento em Engenharia de Transportes.

A intenção foi avaliar o conjunto de equipamentos disponíveis para o posicionamento RTK, bem como verificar o uso do serviço RBMC-IP oferecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em termos de acurácia do posicionamento e da eficácia/eficiência dos equipamentos e serviços; com vistas aos seus usos de em atividades de posicionar pontos de controle para levantamento topográfico via RPA.

A atividade ocorreu com a ocupação de dois marcos SAT do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), tendo sido o marco 96591 o 'ponto Base' e o marco 90098 ocupado como 'ponto Rover' do levantamento.

Além desses marcos do Campus do Pici, foram utilizados dados da RBMC das bases de Sobral (CESB) e Eusébio (CEEU), através das correções oferecidas em tempo real pelo serviço RBMC-IP.

Participaram da atividade:

1. Fábio Carneiro Lobo - RG: 20075140386
2. Maria Raquel Silva Pinheiro - RG: 2006029062080
3. Paulo de Souza Lima Neto - RG: 2005009131339
4. Maria Edjane da Silva Soares - RG: 2004010318295

Materiais utilizados no levantamento:

- **Receptores GNSS**
  1. No ponto de Base: EMLID REACH RS com antena integrada (https://emlid.com/reachrs/)
  2. No ponto Rover: EMLID REACH (https://emlid.com/reach/) + antena TALYSMAN TW2405 (http://www.tallysman.com/wp-content/uploads/TW2405_TW2407_Datasheet_rev5_5.pdf)

Os receptores REACH RS e REACH foram desenvolvidos pela empresa EMLID, e permitem a recepção de dados GNSS em 72 canais, dos sinais GPS/QZSS L1, GLONASS G1,BeiDou B1, Galileo E1 e SBAS.

Ambos possuem armazenamento interno de 2Gb para registro dos dados GNSS e de correção em tempo real, além de comunicação sem fio via WI-FI e Bluetooth e por cabo USB, permitindo a instalação de rádios para transmissão de dados a longa distâncias.

O REACH RS é um equipamento formado por receptor + antena + bateria em um conjunto único, pesando cerca de 700g, destinado a ser instalado em suportes e tripés com o padrão de rosca 5/8.

O REACH é um equipamento que permite a escolha da antena e necessita de alimentação externa; pesa menos de 20g e foi desenvolvido para ser embarcado em 'drones', permitindo a implementação de correção em tempo real nesses equipamentos.

No último dia 23 de março de 2018, a EMLID anunciou a suspensão da fabricação desses modelos, tendo os substituídos pelas versões REACH RS+ e REACH M+, respectivamente.

As alterações, da acordo com a fabricante, não implicam em perda de suporte dos equipamentos antigos, mas uma mudança no processador utilizado nos receptores – que agora é desenvolvido pela própria da empresa, além de outras mudanças menos significativas.

- **Rádio de transmissão da correção RTK**

  Modelo 3dr v2 915mhz (https://3dr.com/wp-content/uploads/2013/10/3DR-Radio-V2-doc1.pdf)

O rádio 3dr v2 915mhz foi desenvolvido pela empresa 3DR e permite a comunicação 'ponto a ponto bidirecional' entre um par de rádios. A utilização desses equipamentos é bastante difundida no controle de drones.

- **Serviço de posicionamento RBMC-IP (IBGE)**

  (https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/)

  Estações usadas como referências :

  1. Eusébio (CEEU)
     (ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rbmc/relatorio/Descritivo_CEEU.pdf)
  2. Sobral (CESB)
     (ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rbmc/relatorio/Descritivo_CESB.pdf)

Para avaliar qual a acurácia que o posicionamento com a implementação de correção em tempo real pelo serviço RBMC-IP, em conjunto com os equipamentos disponíveis, permite na obtenção das coordenadas de um ponto; foram escolhidos pontos de coordenadas conhecidas (marcos do SGB) para a ocupação em campo.

O marco 96591, tido como 'ponto Base do levantamento', foi ocupado pelo receptor EMLID REACH RS, com uso de tripé de madeira e base nivelante.

A Figura 1 apresenta a ocupação do ponto Base.

Figura 1: Ocupação do ponto Base. Fotos: o autor

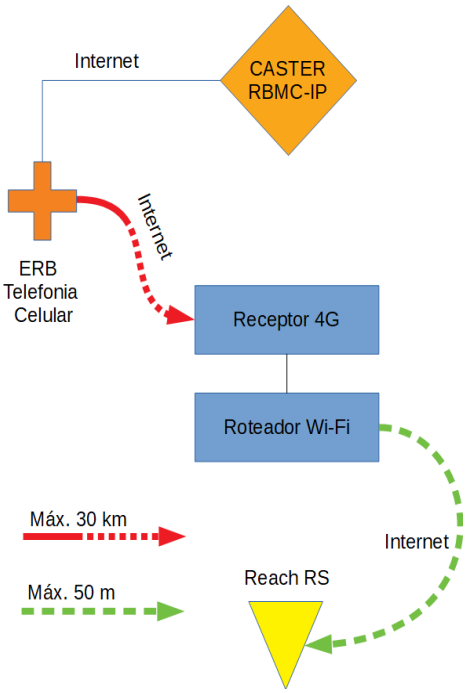

Figura 2: Esquema de transmissão das correções NTRIP utilizadas na Base. Fonte: o autor.

De acordo com a página do IBGE, RBMC-IP

> "É um serviço para posicionamento em tempo real a partir das estações da RBMC, para usuários que fazem uso da técnica RTK (relativo cinemático em tempo real) ou DGPS (GPS diferencial) nos seus levantamentos. Os dados são disponibilizados via protocolo Internet conhecido por '*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)*', em formato RTCM. O NTRIP foi projetado para disseminar correção de dados diferencial ou outros tipos

de dados GNSS para usuários, móveis ou estacionários, pela Internet, permitindo conexões simultâneas de computadores, Laptops e PDAs que possuem acesso à Internet sem fio, como, por exemplo, GPRS, GSM ou modem 3G." [1]

Onde RTCM é a sigla para '*Radio Technical Commission for Maritime Services*', que é uma "comissão para especificação técnica de padrões internacionais utilizados em transmissão de rádio", de acordo com a página http://www.rtcm.org/about.html .

Atualmente, as correções oferecidas pelo serviço RBMC-IP são no formato RTMC 3.0 e são compatíveis com o receptor EMLID REACH RS.

Para ter acesso ao serviço há necessidade de um cadastro no site o IBGE e acesso à internet durante o levantamento.

- **Receptor 4G para acesso à INTERNET:**
  ELSYS LINK 4G (https://www.elsys.com.br/product-details/LINK4G)

- **Roteador WI-FI**:
  TP-LINK Archer C20 (https://www.tp-link.com/br/products/details/cat-9_Archer-C20.html)

No caso do teste, o acesso à internet foi provido pelo receptor ELSYS LINK 4G instalado em uma viatura adaptada para dar apoio ao levantamento, em que há o roteador TP-LINK Archer C20 para distribuição local do sinal.

A Figura 2 apresenta o esquema de transmissão das correções utilizadas no levantamento do ponto Base, bem como as distâncias máximas para recepção dos sinais pelos equipamentos utilizados (dados de acordo com os fabricantes).

Para a ocupação do ponto Rover, foi utilizado o receptor EMLID REACH em conjunto com a antena TW2405, montados em um suporte de acrílico feito para o levantamento, que permite a colocação do conjunto diretamente sobre a chapa do marco. O conjunto foi alimentado por uma bateria externa tipo 'Power Bank'.

A Figura 3 apresenta o suporte para o conjunto e a sua utilização sobre a chapa do marco, no ponto Rover.

Figura 3: Suporte de acrílico desenvolvido para utilização do conjunto EMLID REACH + antena TW2405 . Colocação do conjunto diretamente sobre chapa do marco. Fonte: o autor.

O suporte desenvolvido possibilita, ainda, a instalação do 3DR-Radio-V2 915MHZ, que permite a comunicação entre os receptores REACH e REACH RS, viabilizando a correção em tempo real pela transmissão de correções RTCM 3.0 entre a Base e o Rover.

Infelizmente tal correção em tempo real não foi possível de ser feita, pois o cabo de comunicação entre o rádio e o receptor ficou danificado após uma queda acidental. Dessa forma, não foi possível averiguar a eficiência do posicionamento em tempo real entre o receptor da Base e

1 Disponível em https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/ , acesso em 26/3/2018.

do Rover (…) todavia, o levantamento do Rover possibilitou o pós-processamento dos dados obtidos para verificação da acurácia do conjunto.

A substituição do cabo de comunicação já foi providenciada e permitirá uma avaliação do posicionamento em tempo real, em uma próxima atividade.

Métodos utilizados no levantamento:

Os métodos para avaliar a qualidade do posicionamento em tempo real foram implementados para responder às seguintes questões:

1. Seria possível obter uma solução de posicionamento em tempo real pela integração do serviço RBMC-IP e o receptor REACH RS para uma linha de base com cerca de 200 km?
2. Qual a acurácia de posicionamento em diferentes distâncias de linhas de bases e tempos de ocupação do marco, com a integração das correções do serviço RBMC-IP e o receptor REACH RS?
3. Qual a acurácia de posicionamento em uma linha de base de cerca de 1km com a correção entre os receptores da EMLID, com o uso do rádio 3dr?

Das questões levantadas, a terceira não pode ser verificada, por impossibilidade de uso do rádio 3dr na atividade, ainda assim, foi feita uma avaliação do posicionamento pós-processado relativo, tendo como fixas as coordenadas do ponto Base.

A taxa de coleta do receptor foi de 5hz, o que significa dizer em uma coleta a cada 0,2 segundos e o tempo de ocupação foi de 31 minutos.

Para o pós-processamento dos dados foram utilizados dois programas: Leica Geofice 8.3 e RTK LIB 4.3.2.

A comparação da coordenada obtida foi feita pelos dados cartesianos X,Y,Z no datum do SIRGAS2000, possibilitando a comparação posicional do ponto rastreado com o valor publicado pelo IBGE.

A melhor solução foi obtida pelo Leica Geofice 8.3, em que a coordenada tridimensional ficou 0,0183 m diferente da publicada pelo relatório do IBGE, ao passo que a solução do RTK LIB 4.3.2 variou tridimensionalmente em 1,8069 m.

A Figura 4 apresenta os valores encontrados no processamento.

Linha_base	Distancia (km)	Solução	Classe	Tempo (min)
SAT_96591-SAT_CE01	1,06	FIX	PÓS – LEICA	31
SAT_96591-SAT_CE01	1,06	FIX	PÓS – RTKLIB	31

Solução PROCESSADA			COORDENADAS IBGE			X,Y,Z			
X	Y	Z	X	Y	Z	Diferenca_3D	Diferenca_x	Diferenca_y	Diferenca_z
4975316,2656	-3969201,8398	-413894	4975316,26	-3969201,857	-413893,644	**0,0183**	**0,0056**	**0,0172**	**0,0027**
4975317,2978	-3969201,3335	-413892	4975316,26	-3969201,857	-413893,644	**1,8069**	**1,0378**	**0,5235**	**1,3834**

Figura 4: Valores do pós-processamento do ponto ROVER com relação ao ponto BASE pelo Leica GeoOffice e RTKLIB

Comentários do Autor: Os resultados do pós-processamento ficaram bem abaixo do esperado pelo autor (…) em especial para uma linha de base tão curta e com tanto tempo de ocupação!

Para uma próxima coleta, serão tomadas medidas para a melhor avaliação de dados para pós-processamento.

Os resultados do processamento pelo RTKLIB podem ter sido enviesados pelo pouco conhecimento do autor com a ferramenta.

Para responder à questão 1, foi feita uma linha de base entre o receptor REACH RS estacionado no ponto Base e a estação RBMC de Sobral, distantes entre si a cerca de 197 km.

A metodologia aplicada foi a de verificar se a integração RBMC-IP/REACH RS obteria uma solução em tempo real, fosse do tipo “FIX” ou “FLOAT” para essa linha de base e coletar a coordenada composta pela média de 25 minutos observação com solução – essa média é calculada automaticamente pelo receptor, cabendo ao operador indicar qual o tempo o tipo de solução exigida.

Dessa forma, a atividade aguardou por cerca de 1 hora para que o sistema apontasse uma solução do tipo “FIX”, fato que não ocorreu.

Diante da impossibilidade de se obter uma solução “FIX”, optou-se por acumular 25 minutos de dados com solução “FLOAT” para o cálculo da média e obtenção da coordenada do ponto ocupado.

Com essa metodologia, as coordenadas do ponto Base foram possíveis de serem obtidas e comparadas ao descritivo do marco do IBGE.

A discrepância dos valores tridimensionais das coordenadas cartesianas X,Y,Z (SIRGAS2000), entre a solução tempo real e os dados IBGE, ficou em 0,1803 metro, indicando que o sistema é capaz de realizar um posicionamento para uma linha de base com cerca de 200 Km.

A Figura 5 apresenta os dados obtidos.

Linha_base	Distancia (km)	Solução	Classe	Tempo (min)
CESB-SAT_96591.25	197	FLOAT	TEMPO REAL	25

Solução PROCESSADA			COORDENADAS IBGE			X,Y,Z			
X	Y	Z	X	Y	Z	Diferenca_3D	Diferenca_x	Diferenca_y	Diferenca_z
4975967,785	-3968363,627	-413988,756	4975967,935	-3968363,704	-413988,82	**0,1803**	**0,1500**	**0,0770**	**0,0640**

Figura 5: Resultado do posicionamento em tempo real para uma base com cerca de 200 km

Comentários do Autor: A possibilidade de determinar um ponto com uma linha de base nessa distância é bem-vista pelo autor, uma vez que os trabalhos em campo necessitarão de bases locais para a atividade de topografia via RPA.

A discrepância de cerca de 20 cm não é apropriada para uma série de atividades geodésicas e /ou topográficas, mas pode ser apropriada para atividades cartográficas e para alguns níveis de levantamentos via RPA.

Um fator que pode ter deteriorado a precisão e a capacidade do sistema em gerar uma solução “FIX” foi o clima – por vários momentos do levantamento houve precipitação no local do ponto Base e ao longo da linha de base.

Para uma próxima avaliação, pretende-se verificar se a implementação de uma solução a mais pela RBMC-IP (duas bases para determinar a coordenada local – recurso que é possível no REACH RS), possibilitaria uma melhora no posicionamento.

Na verificação da acurácia de posicionamento em diferentes distâncias de linhas de bases e tempos de ocupação do marco (questão de número 2), diante do fato de a solução “FIX” não ter sido obtida para uma base de 200 Km, a investigação ficou restrita a uma solução com relação a uma base mais próxima: a RBMC de Eusébio, distânte cerca de 20 km do ponto Base.

Foram feitas duas medições: uma com a obtenção da média de 25 minutos de observações de solução “FIX” e outra com 30 minutos.

O resultado foi que o acréscimo de 5 minutos ofereceu uma melhora na determinação coordenada do ponto (...) uma vez que a discrepância dos valores tridimensionais das coordenadas cartesianas X,Y,Z (SIRGAS2000), entre a solução tempo real e os dados IBGE, ficou em 0,0309 metro para a solução com 30 minutos e em 0,0400 metro para a solução com 25 minutos, uma melhoria maior que 20%.

A Figura 6 apresenta os dados obtidos.

Linha_base	Distancia (km)	Solução	Classe	Tempo (min)
CEEU-SAT_96591.25	22	FIX	TEMPO REAL	25
CEEU-SAT_96591.30	22	FIX	TEMPO REAL	30

Solução PROCESSADA			COORDENADAS IBGE			X,Y,Z			
X	Y	Z	X	Y	Z	Diferenca_3D	Diferenca_x	Diferenca_y	Diferenca_z
4975967,973	-3968363,692	-413988,824	4975967,935	-3968363,704	-413988,82	**0,0400**	**0,0380**	**0,0120**	**0,0040**
4975967,958	-3968363,694	-413988,838	4975967,935	-3968363,704	-413988,82	**0,0309**	**0,0230**	**0,0100**	**0,0180**

Figura 6: Resultados obtidos com a variação de tempo de solução para uma base de cerca de 20 km

Comentários do Autor: A obtenção de um posicionamento em tempo real na faixa de 3 cm é bem promissor, abrindo possibilidades de posicionamentos com esse equipamento para várias finalidades!

A base de 20 km não se mostra prática para as atividades de coleta, uma vez que a distribuição das estações RBMC ao longo do território nacional não é compatível com distâncias base tão curtas.

O autor agradece a participação dos colegas na atividade, certo de que compartilharam momentos de qualidade ao longo do tempo de coleta. Agradece, também, ao Laboratório de Geomática Aplicada, na pessoa do professor Uchôa, pelo apoio operacional, logístico e administrativo para a realização da atividade e, ainda, à Gerência de Geodésia e Cartografia do IBGE no Ceará (GGC/CE),na pessoa do Faes; pelo empréstimo de equipamentos e apoio para a liberação do autor para as atividades do Doutorado.