



Avaliação da Qualidade da Rede de Estações de Referência GNSS (SERVIR)

Jorge SANTOS¹, Nuno MIRA², Rui TEODORO² e Virgílio B. MENDES^{1,3}

¹ Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, ³Instituto Dom Luiz, Lisboa

² CIGeoE, Centro de Informação Geoespacial do Exército, Lisboa

(fc40864@alunos.fc.ul.pt; nmira@igeoe.pt; rteodoro@igeoe.pt; vmendes@fc.ul.pt)

Palavras-chave: Qualidade, SERVIR, RTK, Exatidão, Precisão

Resumo: Entre 2006 e 2014, o atual Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) instalou uma rede de estações de referência GNSS (SERVIR – Sistema de Estações de Referência GNSS Virtuais), para garantir o apoio à sua cadeia de produção. Desde a implementação da rede, o processamento das correções disponibilizadas pela rede era efetuado com recurso ao programa Trimble® GPSNET™ (GPSNET). Em dezembro de 2014 foi instalado um novo programa, que se encontra em fase de testes para em breve ser disponibilizado, para o cálculo e processamento de correções denominado Trimble® PIVOT™ (PIVOT). Como o controlo de qualidade inicial da rede SERVIR, realizado em 2006, foi espacialmente limitado, houve necessidade de efetuar um mais completo, devido à existência de uma distribuição mais homogénea de estações pelo território continental e, também, para permitir a avaliação do novo programa de gestão de rede. Este estudo agora apresentado abrangeu todo o território de Portugal Continental e permitirá aferir a qualidade do posicionamento obtida com os modos de posicionamento mais utilizados.

Para a avaliação geral da qualidade da rede SERVIR, foi seguida uma metodologia que se dividiu em 5 fases fundamentais. Na primeira foi feito o planeamento de 49 pontos dispersos pelo território, cada um deles dentro dos triângulos formados pelas bases que ligam as diversas estações fixas da rede SERVIR, sendo depois materializado por um vértice geodésico (VG), da rede geodésica nacional. De seguida foram selecionados 4 métodos de posicionamento para observação de cada um dos pontos planeados, Estático, Rápido Estático e RTK (em duas variantes). A terceira fase consistiu na determinação das coordenadas a utilizar como referência, para análise comparativa. Nesta fase também foi possível avaliar, com recurso a dados de 5 Estações Permanentes de Operação Contínua (CORS) da rede SERVIR, os diversos programas e serviços de processamento *online* disponíveis. Na quarta fase, e após seleção do serviço ou programa que seria utilizado para obtenção do valor de referência, foram determinadas as coordenadas de todos os pontos planeados na primeira fase. Por fim, na quinta fase, foi feita uma comparação das coordenadas tridimensionais obtidas assim como uma avaliação dos resultados.

Os resultados apresentados referem-se a coordenadas cartesianas e geodésicas. O valor de referência utilizado para avaliação da exatidão das coordenadas cartesianas foi o obtido pelo serviço selecionado na quarta fase, ao passo que para efetuar a avaliação da exatidão com as coordenadas geodésicas, foram utilizadas as coordenadas oficiais dos VG, disponibilizadas pela Direção Geral do Território (DGT). A comparação das coordenadas obtidas, nos vários modos de posicionamento com recurso à rede SERVIR, com as coordenadas de referência teve dois propósitos, o primeiro avaliar a precisão e o segundo avaliar a exatidão posicional.

Os resultados obtidos, no que diz respeito à precisão e, para qualquer um dos programas (GPSNET e PIVOT), foi melhor que 0.045 m, 0.024 m e 0.059 m para as componentes X, Y e Z das coordenadas cartesianas, sendo equivalente para as coordenadas geodésicas. O método RTK, nas suas duas variantes, garante uma exatidão melhor que 0.069 m, 0.062 m e 0.097 m para as coordenadas cartesianas X, Y e Z, ao passo que os resultados foram melhores que 0.055 m, 0.063 m e 0.106 m para a latitude, longitude e altitude, respetivamente. Por fim, a exatidão obtida com o método rápido estático foi melhor que 0.045 m, 0.030 m e 0.037 m, no que diz respeito às coordenadas cartesianas, e foi melhor que 0.024 m, 0.038 m e 0.080 m, no que diz respeito às coordenadas geodésicas.



1. Introdução

A produção de informação geográfica pelo atual Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), designação adotada desde 1 de Agosto de 2015, começa com a aquisição dos pontos fotogramétricos no campo. Para além de terem de respeitar algumas condições particulares, as coordenadas tridimensionais destes pontos têm de ter qualidade suficiente para que o produto final respeite as normas que são exigidas. Durante muitos anos estas coordenadas eram calculadas usando métodos clássicos, em que a exatidão posicional era obtida com recurso à rede de triangulação.

Com a introdução do *Global Positioning System* (GPS) e a aquisição dos primeiros recetores, o CIGeoE assistiu a um significativo melhoramento nos métodos de posicionamento, tendo em 1992 abandonado os métodos clássicos. A técnica de posicionamento denominada de *Real Time Kinematic* (RTK) permitiu reduzir de forma significativa os custos, quer humanos quer financeiros, que estavam até então a ser utilizados nestas tarefas. A evolução não ficaria por aqui e em 2005, tirando vantagem dos melhoramentos nas redes de comunicações e nos algoritmos de processamento de dados *Global Navigation Satellite System* (GNSS), o CIGeoE começou a planear a implantação de uma rede de CORS, que iria melhorar ainda mais os procedimentos necessários para a aquisição da informação tridimensional necessária.

Foi assim que em 2006 surgiu a rede SERVIR, inicialmente apenas na região de Lisboa, mas que ao longo dos anos se foi expandindo atingindo as 27 estações atuais, que se encontram localizadas de forma precisa ao longo do território continental (Figura 1).

A distância média entre estações é de 87 km, sendo que a mais curta é de 27 km (Mafra – Paço de Arcos) e a mais longa é de 326 km (Trás-os-Montes e Alto Douro – Elvas), como é possível observar na Figura 1. A maior parte das estações encontra-se instalada em unidades pertencentes ao Exército, Marinha ou Força Aérea, garantindo assim a necessária segurança aos equipamentos. As exceções são Covilhã e Trás-os-Montes e Alto Douro, que se encontram localizadas na Universidade da Beira Interior e no Instituto Politécnico de Bragança, respetivamente (Teodoro *et al.*, 2015).

A rede SERVIR permite que um utilizador estabeleça uma ligação com o centro de cálculo (via WEB, GSM ou GPRS), sendo que, após serem processadas as observações GNSS, disponibiliza correções diferenciais aplicáveis à área onde se encontra a trabalhar, que são depois transmitidas ao utilizador utilizando o método denominado *Virtual Reference Station* (VRS).

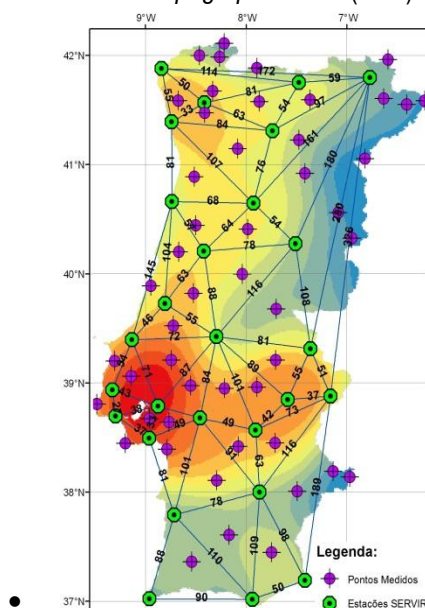
Inicialmente a rede SERVIR proporcionava acesso gratuito; no entanto, devido aos elevados custos de manutenção desta rede, os serviços passaram a ter, desde 2012, um custo associado suportado pelos utilizadores. Esta alteração representa uma mudança significativa no paradigma e trouxe um acréscimo de responsabilidade ligado à manutenção de toda a infraestrutura, por forma a garantir uma permanente qualidade dos dados por todo o território, no que diz respeito à exatidão e precisão dos dados fornecidos. Neste sentido foram feitas algumas avaliações da qualidade dos dados; no entanto, estas foram espacialmente limitadas, não permitindo uma generalização dos resultados obtidos a toda a rede. No final de 2014, o CIGeoE adquiriu um novo programa de cálculo denominado PIVOT, que irá substituir o programa anterior, o GPSNET. Assim, o CIGeoE, como entidade produtora de informação geográfica com responsabilidade na manutenção da qualidade dos dados que são disponibilizados para a comunidade, considerou importante a realização de uma avaliação global relativamente ao GPSNET e, para além disso, também uma avaliação da qualidade dos dados fornecidos pelo PIVOT, no sentido de perceber se este novo programa traria ou não melhoramentos nos serviços.

2. Metodologia

Para efetuar esta avaliação a metodologia seguida dividiu-se em 5 fases fundamentais. A primeira fase consistiu no planeamento e escolha dos pontos que seriam observados. Assim, foram identificados 49 pontos espalhados pelo território de Portugal continental, resultantes da interseção das bissetrizes de cada triângulo formado pelas CORS da rede SERVIR. Depois de identificada a interseção foi escolhido um VG, da rede geodésica nacional, que tivesse boas condições de acesso, permitindo a reobservação em trabalhos semelhantes a realizar no futuro. Adicionalmente foram ainda escolhidos pontos ao longo das duas linhas de base mais longas (Trás-os-Montes e Alto Douro – São Mamede e Trás-os-Montes e Alto Douro – Elvas) e pontos fora das linhas de base, distanciados de 5 km, 10 km e 15 km das mesmas, materializando as condições de observação mais desfavoráveis. Na Figura 1 são apresentados, a cor lilás, os pontos que foram escolhidos.

A segunda fase consistiu na definição dos métodos que seriam utilizados na determinação das coordenadas tridimensionais de cada VG. Os métodos selecionados foram aqueles que são diariamente utilizados pelos operadores:

- Sessão de observação de 3 h, em modo estático, que servirá para calcular o valor de referência de cada VG, sendo efetuado o pós-processamento através de diversos serviços/programas;
- Sessão de observação de 12 min em modo rápido estático, que permitirá realizar um pós-processamento, utilizando apenas o programa Trimble® Business™ Center™, com recurso a uma VRS;
- Sessão de observação em modo RTK de 180 épocas a uma frequência de 1 Hz, obtendo-se no final um conjunto de coordenadas tridimensionais. Este método passará a designar-se por *Control Measured Point* (CMP);
- Sessão de observação em modo RTK com cerca de 3 min, resultando num conjunto de 180 coordenadas tridimensionais. Este método passará a designar-se por *Continuous Topographic Point* (CTP).



- **Figura 1** – Configuração da rede SERVIR, com o comprimento das linhas de base, em km, e identificação dos pontos observados

Os métodos CMP e CTP também foram realizados para avaliar a diferença entre os programas de cálculo GPSNET e PIVOT, pelo que os resultados obtidos serão identificados com o método e programa associado (Ex: CMP-GPSNET).

A terceira fase consistiu na determinação das coordenadas a utilizar como referência, para análise comparativa. Assim, foram escolhidas 5 CORS, localizadas no Norte, Centro e Sul do território, das quais foram recolhidos os dados de observação referentes a 24 horas. De seguida estes dados foram processados, utilizando efemérides precisas, com recurso ao programa Trimble® Business Center™ (TBC) e aos serviços de processamento online denominados de Australian Surveying and Land Information Group's Online Processing Service (AUSPOS), Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning (NRCan), Automatic Precise Positioning Service (JPL-APPS), Trimble CenterPoint™ Real Time eXtended™ Post-Processing Service (RTX) e o Online Positioning User Service (OPUS). Todas as coordenadas utilizadas estão referidas ao ITRF2008 (Altamimi *et al.*, 2007), à época de observação, sendo que aquelas que não se encontravam neste referencial, para que a comparação fosse possível, foram feitas transformação de coordenadas (Altamimi *et al.*, 2011) e atualizações de épocas consoante a necessidade. Foram submetidos 3 ficheiros de observação diferentes, referentes a 24 h, 3 h e 2 h de observação, sendo que os dois últimos foram obtidos do ficheiro inicial de 24 h. Os resultados obtidos foram comparados com as coordenadas oficiais das estações CORS da rede SERVIR, tendo-se obtido os valores estatísticos apresentados no Quadro 1. As coordenadas oficiais da Rede SERVIR são calculadas, em colaboração com a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, num processamento de rede realizado com o software GAMIT/GLOBK, em que são incorporadas todas as estações IGS, as estações da rede SERVIR e estações de outras redes. O processamento é feito para o referencial ITRF2008 à época 2005.0

Os valores obtidos demonstram que o serviço disponibilizado pela Trimble®, RTX, é o que garante melhores resultados em todos os parâmetros comparados e em todos os três períodos de observação, não havendo diferenças significativas para o tipo de



estudo aqui apresentado. No entanto para aplicações topográficas, e visto que todos os outros serviços têm resultados satisfatórios, pode-se concluir que todos poderiam ser utilizados para obtenção do valor de referência.

Quadro 1 – Diferenças entre as coordenadas obtidas entre o programa TBC e os diversos serviços de processamento *online*, e as coordenadas oficiais das CORS da rede SERVIR, expressas pela norma das diferenças (RMS) das 3 componentes de posição (X, Y, Z)

	RTX	TBC	AUSPOS	JPL	NRCan	OPUS
Média (m)	0.007	0.015	0.017	0.016	0.022	0.025
Desvio Padrão (m)	0.001	0.002	0.007	0.008	0.012	0.009
Mínimo (m)	0.006	0.013	0.008	0.006	0.007	0.017
Máximo (m)	0.009	0.017	0.024	0.026	0.037	0.037

A quarta fase consistiu na determinação das coordenadas de cada um dos VG, que por uma questão de coerência será feita com recurso ao serviço RTX, por ter sido aquele que apresentou melhores resultados na análise anterior, tendo estes resultados sido usados como referência na última fase.

Finalmente, na quinta fase, foram determinadas as diferenças entre os valores de referência de cada um dos VG e os valores obtidos com os métodos CMP, CTP e rápido estático, relativamente a coordenadas cartesianas e geodésicas. Também foram comparados os resultados obtidos com o programa GPSNET e com o PIVOT. Foi possível no final desta fase, analisar os resultados obtidos no que diz respeito à exatidão e precisão conseguidas, assim como apresentar algumas conclusões referentes a outras análises efetuadas.

3. Análise dos resultados

3.1 Precisão

A precisão caracteriza-se, segundo o manual do Vocabulário Internacional de Metrologia (IPQ, 2012), por ser o grau de concordância entre valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares. Neste caso esta avaliação será feita relativamente aos dados referentes ao modo CTP do GPSNET e do PIVOT. Como estamos perante 180 épocas de observação, foram, numa primeira fase, identificados o máximo e mínimo de cada um dos conjuntos de observações pertencentes a cada um dos pontos medidos. A diferença entre estes dois valores, no que diz respeito a cada uma das coordenadas X, Y e Z, dá-nos um intervalo de dispersão das medições que foram efetuadas. No quadro 2 são apresentados os resultados estatísticos obtidos, no que diz respeito ao modo CTP referente ao GPSNET e PIVOT. Constatou-se que não existe uma melhoria significativa nas componentes Y e Z, ao passo que na componente X quer a média e o desvio padrão melhoram em 0.012 m e 0.077 m respetivamente. Ainda analisando os valores máximos e mínimos, observamos valores muito altos, que correspondem a *outliers*, que foram propositadamente deixados para que se possa observar qual a sua dispersão espacial.

Quadro 2 – Dados estatísticos, referente às diferenças entre o máximo e mínimo de cada um dos conjuntos de 180 épocas de observação, para os 49 pontos observados

	GPSNET			PIVOT		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Média (m)	0.071	0.029	0.055	0.059	0.030	0.056
Desvio Padrão (m)	0.103	0.014	0.040	0.036	0.018	0.045
Mínimo (m)	0.020	0.011	0.020	0.020	0.012	0.015
Máximo (m)	0.837	0.111	0.324	0.278	0.128	0.329

No sentido de perceber se os resultados são afetados pela maior ou menor concentração de CORS, por um lado, e pelo facto de se efetuar observações fora da rede por outro, apresenta-se uma análise espacial dos resultados obtidos. A coloração das

imagens de Portugal continental representa a concentração de estações por 100 km, sendo que o vermelho indica uma concentração de cerca de 5 estações. É perceptível uma melhoria na precisão com a utilização do programa PIVOT; no entanto, ainda existem valores acima dos 0.050 m, embora sejam em menor número do que aqueles obtidos com o GPSNET. A menor concentração de CORS e o facto de estar fora da rede não afetam a precisão, pois existem pontos, em ambos os casos, que apresentam precisões com valores inferiores a 0.005 m.

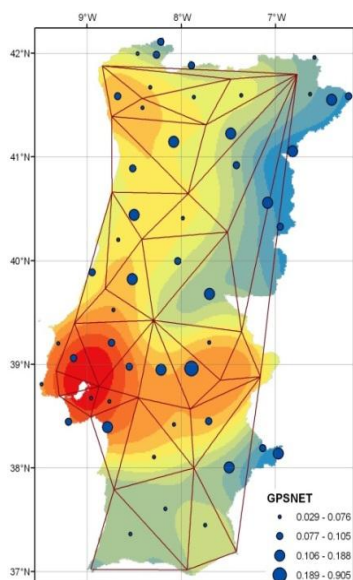


Figura 2 – Análise espacial do RMS relativo aos dados apresentados no quadro 2, relativamente ao modo CTP-GPSNET

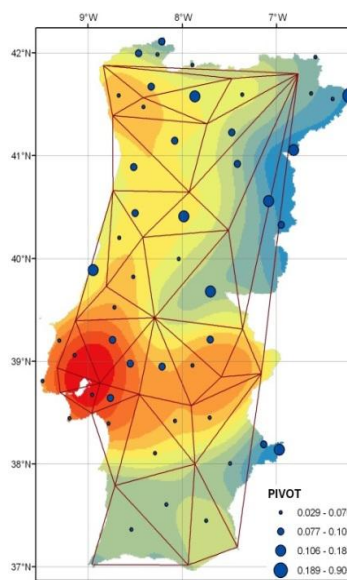


Figura 3 – Análise espacial do RMS relativo aos dados apresentados no quadro 2, relativamente ao modo CTP-PIVOT

Comparando os dois programas de cálculo, GPSNET e PIVOT, foi possível constatar que o RMS melhorou, em média, 0.050 m para 28 dos 49 pontos que foram observados (~57%) com o PIVOT.

Ainda relativamente à precisão, foi analisada a diferença entre as variantes CTP e CMP, tendo-se obtido os resultados que são apresentados no quadro 3, que são muito semelhantes entre os dois programas, havendo uma ligeira melhoria com a utilização do PIVOT. O valor utilizado referente ao CTP foi a média das 180 observações.

Quadro 3 – Dados estatísticos relativos à diferença entre os modos CTP e CMP, correspondentes ao GPSNET e PIVOT, para cada uma das 3 componentes de posição (X, Y, Z)

	GPSNET			PIVOT		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Média (m)	-0.001	0.003	-0.011	-0.010	0.003	-0.001
Desvio Padrão (m)	0.044	0.021	0.048	0.031	0.016	0.038
Mínimo (m)	0.109	0.062	0.107	0.038	0.069	0.144
Máximo (m)	-0.112	-0.053	-0.144	-0.117	-0.047	-0.091

Os resultados apresentados anteriormente tiveram em conta a remoção de valores extremos, assumindo a média e três vezes o desvio padrão como norma para deteção dos mesmos. Os valores que foram identificados como valores extremos encontram-se identificados nas figuras 4 e 5, e estão localizados em zonas de menor concentração de CORS. Isto quer dizer que apesar das duas variantes terem sido observadas em momentos próximos, com condições semelhantes, existe um enviesamento de pelo menos uma das soluções.

Comparando os dois programas de cálculo GPSNET e PIVOT, foi possível constatar que o RMS melhorou, em média, 0.037 m para 31 dos 49 pontos que foram observados com o PIVOT (~63%).

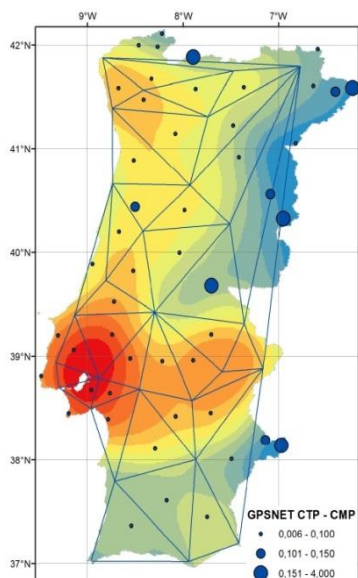


Figura 4 – Diferenças entre CTP e CMP relativamente ao GPSNET

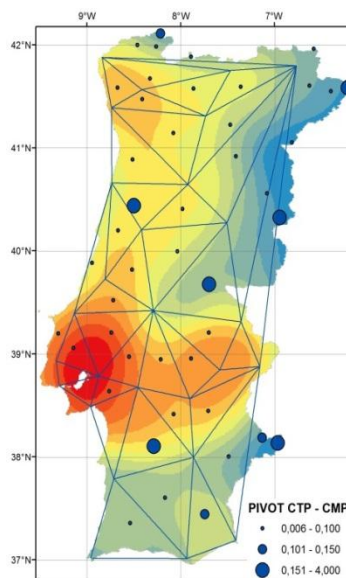


Figura 5 – Diferenças entre CTP e CMP relativamente ao PIVOT

3.2 Exatidão

Relativamente à avaliação da exatidão posicional, para além dos dados referentes ao modo CTP e CMP, também foram avaliados os dados referentes ao modo rápido estático, comparando coordenadas cartesianas e coordenadas geodésicas (latitude (φ), longitude (λ) e altitude elipsoidal (h)). As coordenadas geodésicas de referência estão referidas ao ETR89 e foram as coordenadas oficiais dos VG, obtidas junto da Direção Geral do Território (DGT). Dos 49 pontos utilizados neste estudo apenas foi possível processar observações relativas a 31 pontos, pois o intervalo de tempo decorrido entre a observação dos pontos e a geração das VRS foi superior a seis meses, impossibilitando ao programa de cálculo a obtenção das mesmas pelo facto de estar configurado para guardar dados até 6 meses. Para além deste aspeto apenas 17 pontos foram processados com sucesso, devido sobretudo a lacunas na geração das VRS. Assim os resultados apresentados no quadro 4 dizem respeito apenas a 17 pontos, o que representa 35% da amostra total. Da observação dos mesmos é possível afirmar que este método de posicionamento é uma alternativa válida, quando as condições não são as mais favoráveis para o posicionamento RTK.

Quadro 4 – Dados estatísticos da exatidão do método Rápido Estático

	RÁPIDO ESTÁTICO					
	X	Y	Z	φ	λ	h
Média (m)	0.028	0.004	0.036	0.003	-0.008	0.036
Desvio Padrão (m)	0.048	0.026	0.029	0.024	0.037	0.071
Mínimo (m)	-0.050	-0.052	-0.008	0.067	0.065	0.185
Máximo (m)	0.193	0.066	0.118	-0.041	-0.079	-0.142

No quadro 5 constata-se que os valores são bastantes similares para os métodos CTP e CMP com o GPSNET, sobretudo no que diz respeito à média e desvio padrão. Se analisarmos a diferença entre as coordenadas cartesianas e as geodésicas pode-se constatar uma melhoria na exatidão das duas componentes horizontais e a uma degradação da exatidão na componente vertical.

Quadro 5 – Dados relativos à exatidão dos métodos CTP e CMP do GPSNET

	CTP - GPSNET			CMP - GPSNET			CTP - GPSNET			CMP - GPSNET		
	X	Y	Z	X	Y	Z	φ	λ	h	φ	λ	h
Média (m)	0.018	0.017	0.041	0.014	0.018	0.038	-0.003	-0.006	0.044	-0.008	-0.008	0.035
Desvio Padrão (m)	0.058	0.039	0.045	0.059	0.040	0.052	0.047	0.059	0.096	0.054	0.062	0.095
Mínimo (m)	-0.100	-0.051	-0.119	-0.200	-0.042	-0.226	0.131	0.128	0.302	0.160	0.128	0.302
Máximo (m)	0.266	0.124	0.147	0.240	0.130	0.179	-0.107	-0.119	-0.236	-0.162	-0.143	-0.236

Por outro lado, no quadro 6, constata-se que as soluções obtidas com o PIVOT são globalmente menos enviesadas, sobretudo quando analisamos as coordenadas geodésicas.

Quadro 6 – Dados relativos à exatidão dos métodos CTP e CMP do PIVOT

	CTP - PIVOT			CMP - PIVOT			CTP - PIVOT			CMP - PIVOT		
	X	Y	Z	X	Y	Z	φ	λ	h	φ	λ	h
Média (m)	-0.027	0.000	-0.019	-0.037	0.003	-0.031	0.004	-0.006	0.028	0.001	-0.007	0.004
Desvio Padrão (m)	0.046	0.039	0.047	0.058	0.038	0.045	0.029	0.050	0.072	0.025	0.044	0.074
Mínimo (m)	0.070	0.094	0.110	0.075	0.096	0.050	0.097	0.087	0.231	0.050	0.074	0.138
Máximo (m)	-0.147	-0.086	-0.123	-0.177	-0.094	-0.214	-0.061	-0.141	-0.222	-0.069	-0.125	-0.209

Como estamos a avaliar dados obtidos com recurso a dois programas distintos de cálculo, e se concluiu que existe uma melhoria significativa com a introdução do PIVOT, foi feita uma análise espacial do RMS para cada um dos métodos, CMP e CTP, relativamente aos dois programas. As figuras 6 e 7 são a representação gráfica desta análise, ressaltando-se o facto de que os dados utilizados não incluem os 9 *outliers* detetados, relativos ao PIVOT.

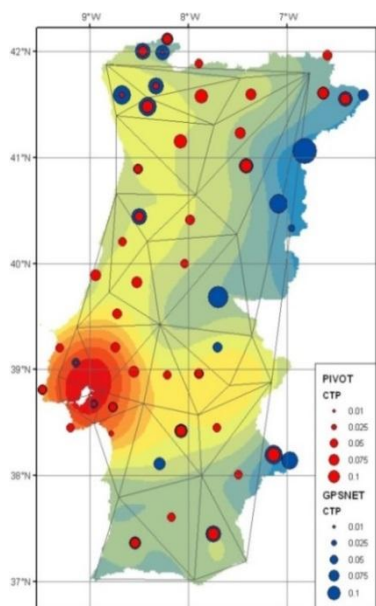


Figura 6 – Análise espacial dos dados referentes à exatidão do modo CTP

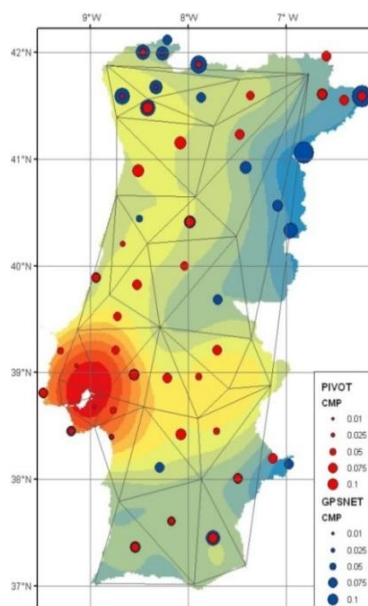


Figura 7 – Análise espacial dos dados referentes à exatidão do modo CMP



Na figura 6, relativa ao método CTP, podemos observar uma menor exatidão no norte de território e também junto às linhas de base mais longas, quando se utiliza o GPSNET, situação que desaparece com a utilização do PIVOT. Quando existe uma melhoria na exatidão a sua representação na figura é feita com círculos grandes azuis sem qualquer círculo vermelho sobreposto. Quando existem apenas círculos vermelhos significa que a exatidão não melhorou nesse ponto. A figura 7, relativa ao método CMP, apresenta valores muito similares aos obtidos com o método CTP.

Em ambos os métodos e programas de cálculo foi possível constatar, mais uma vez, que os pontos dentro e fora da rede apresentam uma exatidão semelhante. Adicionalmente constatou-se que as soluções obtidas com o PIVOT são mais consistentes ao longo do território, ressaltando mais uma vez o facto dos *outliers* não se encontrarem representados.

4. Conclusões

Com este trabalho foi possível, com base quer nos resultados do processamento utilizando serviços de pós-processamento, quer de um programa comercial, avaliar a qualidade de posicionamento estático. O serviço RTX foi o que apresentou melhores resultados, tendo sido o utilizado para estabelecimento do valor de referência; no entanto, conclui-se que as restantes soluções também apresentaram resultados satisfatórios para aplicações topográficas, pois as diferenças não são significativas.

Os utilizadores da rede SERVIR necessitam de saber o quanto a rede que utilizam é precisa e exata, na determinação das coordenadas tridimensionais pretendidas. Com a avaliação feita é possível afirmar, no que diz respeito à precisão e utilizando o GPSNET, que a rede SERVIR tem intervalos de dispersão melhores que 0.081 m, 0.040 m e 0.074 m para as componentes X, Y e Z, respetivamente. Os valores obtidos com recurso ao PIVOT são bastante análogos, sendo melhores que 0.076 m, 0.034 m e 0.071 m nas componentes X, Y e Z, respetivamente.

Relativamente à exatidão, no que diz respeito ao método rápido estático, obtiveram-se resultados melhores que 0.045 m, 0.030 m e 0.037 m, para as coordenadas X, Y e Z respetivamente. Os resultados relativamente às coordenadas geodésicas foram melhores que 0.024 m, 0.038 m e 0.080 m para a latitude, longitude e altitude, respetivamente. Relativamente ao programa GPSNET, e no que diz respeito às variantes CTP e CMP, obtiveram-se resultados de exatidão melhores que 0.059 m, 0.050 m e 0.064 m para as coordenadas X, Y e Z respetivamente. Comparando as coordenadas geodésicas, obtiveram-se valores melhores que 0.055 m, 0.063 m e 0.106 m para a latitude, longitude e altitude, respetivamente. Por fim, analisando o programa PIVOT, relativamente às duas variantes do modo de posicionamento RTK, obtiveram-se resultados de exatidão melhores que 0.069 m, 0.062 m e 0.097 m para as coordenadas X, Y e Z, respetivamente, ao passo que para as coordenadas geodésicas obtiveram-se valores de exatidão melhores que 0.029 m, 0.050 m e 0.077 m para a latitude, longitude e altitude, respetivamente.

Assim concluiu-se que, por um lado, que o método rápido estático é uma alternativa válida aos métodos RTK e, por outro, que o facto de se ter procedido à atualização do programa de cálculo conduziu a melhores resultados, que se refletirão no trabalho de campo realizado pelos utilizadores, no que diz respeito à exatidão e precisão obtidas.

Referências Bibliográficas

- Altamimi, Z., Collilieux, X., Legrand, J., Garayt, B., Boucher, C., 2007. ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters. *J. Geophys. Res.*, 112, B09401, doi:10.1029/2007JB004949.
- Altamimi, Z., Collilieux, X., Métivier, L., 2011. ITRF2008: an improved solution of the International Terrestrial Reference Frame, *J. Geodesy*, 85(8), 457-473, doi:10.1007/s00190-011-0444-4.
- IPQ, 2012. Vocabulário Internacional de Metrologia. 1ª ed. Caparica: Instituto Português da qualidade
- Teodoro, R., Mira, N., Paulo, F., 2015. Controlo de Qualidade da Rede SERVIR. *Boletim do Instituto Geográfico do Exército*, pp. 22-29.