

# Avaliação da Implementação do ETRS89 em Portugal Continental

Manuela Vasconcelos (mvasconcelos@igeo.pt), Ana Carla Bernardes (abernardes@igeo.pt), Paulo Patrício (ppatrício@igeo.pt)

## Resumo

O Instituto Geográfico Português, enquanto autoridade na área da Geodésia tem, entre outras, a responsabilidade de definir e manter os sistemas geodésicos de referência para o território nacional. Portugal, como membro activo da EUREF (Subcomissão da Associação Internacional de Geodésia para o Sistema de Referência Europeu), e acompanhando as recomendações de diversos organismos ligados à Comunidade Europeia, adoptou o sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) como sistema geodésico de referência para Portugal Continental. O estabelecimento deste sistema foi executado através de observações da rede geodésica portuguesa às restantes redes europeias e subsequente re-observação de mais de 1000 vértices geodésicos com GPS. As coordenadas resultantes do cálculo deste conjunto de observações constituíram a realização do ETRS89 para Portugal Continental, denominada PT-TM06.

Em paralelo com a observação da rede geodésica está em fase de conclusão o projecto de ampliação da Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS. Esta infra-estrutura permite aos diferentes tipos de utilizadores aceder facilmente ao referencial geodésico PT-TM06/ETRS89, tanto em tempo real, como para trabalhos de pós-processamento.

De modo a apoiar a adopção do sistema PT-TM06/ETRS89 por parte da diversa comunidade de utilizadores, têm vindo a ser desenvolvidas técnicas e procedimentos que permitem a transformação de informação georreferenciada dos sistemas de referência clássicos para o PT-TM06/ETRS89, nomeadamente através de ferramentas de transformação de informação cartográfica em diversos formatos, que permitem aos utilizadores de informação georreferenciada a fácil transição para o novo sistema.

Neste trabalho será feita uma breve exposição da forma como foi estabelecida a realização do ETRS89 para Portugal Continental, bem como serão apresentados resultados de teste de campo que demonstram a coerência entre a Rede Geodésica Nacional e a ReNEP.

Assim, poderá concluir-se que o referencial geodésico PT-TM06/ETRS89, para além de ser consistente e adequado à maioria das necessidades práticas dos utilizadores, está facilmente acessível aos mesmos através da infra-estrutura geodésica

## 1. Introdução

No Simpósio da EUREF (European Reference Frame) de 1990, realizado em Florença, foi aprovada uma Resolução a definir o sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference Frame) e a recomendá-lo como Sistema de Referência Terrestre a utilizar na Europa. Actualmente o ETRS89 é o sistema geodésico de referência recomendado por diversos organismos da Comunidade Europeia, tendo sido definido como o sistema a adoptar no âmbito da Directiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe).

Portugal participou na primeira campanha GPS de ligação das redes geodésicas europeias, realizada em 1989 e posteriormente numa campanha ibérica (Iberia95) de adensamento daquela rede. Nos anos subsequentes foram efectuadas em Portugal Continental observações geodésicas com GPS em cerca de 1100 vértices geodésicos (Figura 1). Com base nestas observações e sua ligação à restante rede europeia, foi estabelecido o referencial PT-TM06/ETRS89 no território de Portugal Continental.

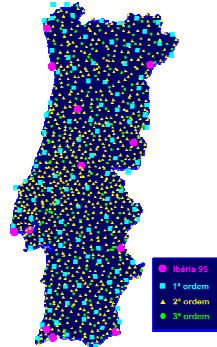


Figura 1 – Realização do ETRS89 em Portugal Continental.

## 2. Cálculo das Coordenadas PT-TM06/ETRS89 para os VG não observados com GNSS

Com o objectivo de responder a solicitações do exterior, foram estudados métodos de transformação de coordenadas de modo a determinar coordenadas PT-TM06/ETRS89 para os cerca de 7000 VG não observados com GNSS. Efectuou-se a transformação do sistema Hayford-Gauss Datum 73 para o PT-TM06/ETRS89, tendo os parâmetros sido determinados com as coordenadas dos VG de 1ª e 2ª ordem e testados com os 151 VG de 3ª ordem (cujas distribuições se indica na Figura 1). O método escolhido consiste nos seguintes passos:

- Determinação dos Parâmetros da Transformação de Bursa-Wolf (TBW) de Datum 73 para ETRS89;
- Cálculo dos Resíduos da TBW para os Pontos Base;
- Criação de uma Grelha dos Resíduos da TBW (em latitude e longitude);
- Transformação Final dos Pontos de Controlo: TBW + Grelha de Resíduos.

Quadro 1 – Estatísticas das diferenças entre as coordenadas PT-TM06/ETRS89 oficiais e as resultantes da transformação de coordenadas.

| Resíduos | M (m)  | P (m)  | vector (m) |
|----------|--------|--------|------------|
| Máximo   | 0.153  | 0.148  | 0.181      |
| Média    | -0.003 | 0.005  | 0.050      |
| Mínimo   | -0.116 | -0.136 | 0.003      |
| e.m.q.   | 0.044  | 0.043  | 0.061      |

## 3. ReNEP GNSS



Figura 2 – Constituição da ReNEP no território de Portugal Continental.

Paralelamente à observação da Rede Geodésica Nacional (RGN) o IGP tem vindo a desenvolver a Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS – ReNEP, cuja configuração actual se apresenta na figura 2.

As estações da ReNEP do Continente foram ligadas à RGN através de observações efectuadas nos VG de 1.ª ordem. Realizaram-se sessões GNSS de pelo menos 4 horas de observação, estando cada EP ligada a 4 VG.

As coordenadas das EP da ReNEP, tais como as da RGN, estão referidas ao referencial ETRF97 para a época 1995.4. (Resultado do cálculo da campanha Iberia95.)

## 4. ReNEP GNSS & Rede Geodésica

Atendendo a que actualmente a maior utilização da ReNEP é no posicionamento em tempo-real, mas como muitos utilizadores continuam ainda a apoiar os seus trabalhos na RGN, é fundamental que exista coerência entre estas duas redes. Tal facto foi conseguido através da ligação com GNSS da ReNEP à rede geodésica de 1.ª ordem.

Como forma de avaliar independentemente esta homogeneidade, têm sido realizadas observações GNSS RTK em VG anteriormente observados em modo estático e cujas coordenadas resultaram do ajustamento da RGN em ETRS89.

Os testes realizados até à data, apesar de num número reduzido e não uniformemente distribuído de VG, demonstram que a ReNEP permite um posicionamento em RTK com uma precisão adequada à maioria das aplicações práticas.

Quadro 2 – Estatísticas das diferenças entre as coordenadas PT-TM06/ETRS89 oficiais e as obtidas por observação GNSS RTK ligada à ReNEP.

| Resíduos (m) | M      | P      | 2D    | h      |
|--------------|--------|--------|-------|--------|
| Máximo       | 0.033  | 0.035  | 0.037 | 0.134  |
| Média        | 0.000  | 0.009  | 0.017 | 0.002  |
| Mínimo       | -0.018 | -0.013 | 0.006 | -0.174 |
| e.m.q.       | 0.012  | 0.014  | 0.018 | 0.058  |

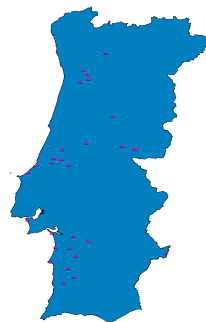


Figura 3 – Distribuição dos VG com coordenadas PT-TM06/ETRS89 observados em RTK.

## 5. ReNEP GNSS & EPN

De forma a avaliar a homogeneidade das redes nacionais dos diversos países europeus, a EUREF promoveu o projecto *Monitoring of official national ETRF coordinates on EPN web*. Cada organismo nacional responsável por estações GNSS pertencentes à EPN forneceu as coordenadas oficiais das suas estações, de modo a que as mesmas pudessem ser comparadas com as coordenadas calculadas pela EUREF com base em toda a série temporal de dados disponíveis.

Nos quadros seguintes apresentam-se os resultados desta comparação, obtidos pelo IGP apenas para as suas estações localizadas no território do Continente, uma vez que as estações da ReNEP situadas nos Arquipélagos dos Açores e da Madeira têm coordenadas oficiais no sistema ITRF93.

Quadros 3 – Coordenadas das Estações da ReNEP do Continente pertencentes à EPN. (a) Calculadas pela EUREF. (b) Oficiais, determinadas pelo IGP. (c) Diferenças.

| Coordenadas EUREF |          |          |             |             |             |          |
|-------------------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|
| Estação           | frame    | época    | X (m)       | Y (m)       | Z (m)       | vX (m/y) |
| CASC              | ETRF2000 | 00112000 | 4917537.141 | -815726.486 | 3965857.121 | -0.0012  |
| GAMA              | ETRF2000 | 00112000 | 4769095.636 | -718818.892 | 4171491.128 | -0.0017  |
| LAGO              | ETRF2000 | 00112000 | 5032446.684 | -767657.376 | 3826194.071 | -0.0017  |

| Coordenadas IGP |        |          |             |             |             |          |
|-----------------|--------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|
| Estação         | frame  | época    | X (m)       | Y (m)       | Z (m)       | vZ (m/y) |
| CASC            | ETRF97 | 14611995 | 4917537.141 | -815726.486 | 3965857.121 | -0.0002  |
| GAMA            | ETRF97 | 14611995 | 4769095.634 | -718818.883 | 4171491.104 | -0.0002  |
| LAGO            | ETRF97 | 14611995 | 5032446.705 | -767657.369 | 3826194.001 | -0.0002  |

| Diferenças |        |        |        |          |          |          |
|------------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|
| Estação    | X (m)  | Y (m)  | Z (m)  | vX (m/y) | vY (m/y) | vZ (m/y) |
| CASC       | -0.008 | 0.012  | -0.006 | -0.0002  | -0.0002  | -0.0002  |
| GAMA       | -0.002 | -0.002 | 0.016  | -0.0002  | -0.0002  | -0.0002  |
| LAGO       | -0.001 | 0.029  | -0.007 | -0.0002  | -0.0002  | -0.0002  |

## 6. Modelo de Geóide GeodPT08

No ano de 2009 foi disponibilizado para *download* o modelo de geóide para Portugal Continental determinado através de uma cooperação estabelecida entre o IGP e a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Este modelo (GeodPT08), baseado nas observações da rede gravimétrica nacional, foi posteriormente validado com um conjunto de marcas de nivelamento onde haviam sido realizadas observações GPS, por forma a aferir a sua qualidade. Por último, com o objectivo de facilitar aos utilizadores uma superfície de transferência entre altitudes elipsoidais e ortométricas, compatível com a rede geodésica nacional, o modelo de geóide foi ajustado não só às referidas marcas de nivelamento mas também à rede geodésica.

De modo a aferir a qualidade do GeodPT08 têm vindo a ser efectuadas observações GNSS RTK em vértices geodésicos e marcas de nivelamento que não entraram nos cálculos para a sua determinação. Nos Quadros 4 e 5 apresentam-se as estatísticas dos resíduos obtidos para esses pontos, comparando as altitudes ortométricas oficiais com aquelas resultantes da aplicação do modelo de geóide às altitudes elipsoidais resultantes das observações RTK.

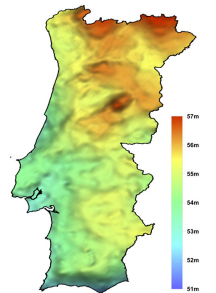


Figura 4 – GeodPT08.

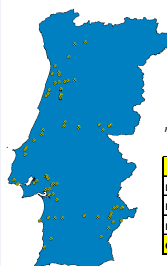


Figura 5 – Distribuição das marcas de nivelamento geométrico de alta precisão utilizadas na avaliação da qualidade do GeodPT08.

Quadro 4 – Estatísticas das diferenças entre as altitudes ortométricas oficiais e as resultantes da aplicação do GeodPT08 a observações GNSS RTK, para 88 marcas de nivelamento geométrico de alta precisão.

| Resíduos (m) |        |
|--------------|--------|
| máximo       | 0.190  |
| média        | 0.014  |
| mínimo       | -0.193 |
| e.m.q.       | 0.082  |

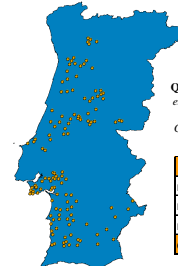


Figura 6 – Distribuição dos vértices geodésicos utilizados na avaliação da qualidade do GeodPT08.

Quadro 5 – Estatísticas das diferenças entre as altitudes ortométricas oficiais e as resultantes da aplicação do GeodPT08 a observações GNSS RTK, para 130 vértices geodésicos.

| Resíduos (m) |        |
|--------------|--------|
| máximo       | 0.230  |
| média        | 0.022  |
| mínimo       | -0.240 |
| e.m.q.       | 0.087  |

## 7. Produtos Disponibilizados

De modo a permitir aos utilizadores o acesso ao sistema PT-TM06/ETRS89, bem como à transformação de informação georreferenciada nos antigos sistemas de referência, o IGP disponibiliza um grande conjunto de dados no seu *site de internet* (www.igeo.pt). Af podem encontrar-se as fichas dos VG da RGN, toda a informação sobre a ReNEP, parâmetros para a transformação de coordenadas, o modelo de geóide GeodPT08, bem como aplicativos para a transformação de informação georreferenciada em diversos formatos.

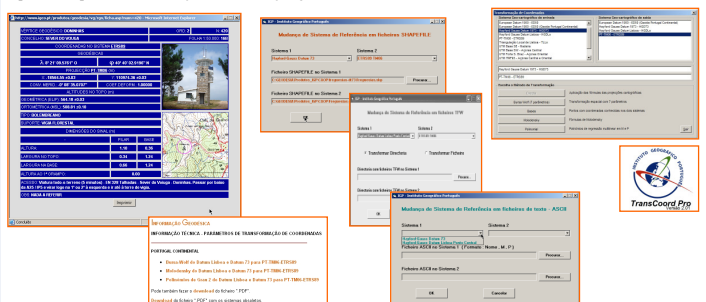


Figura 7 – Alguns dos produtos disponibilizados pelo IGP para acesso ao sistema PT-TM06/ETRS89.