

CONVERSÃO DE GRANDES VOLUMES DE INFORMAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA PT-TM06/ETRS89 – CASO DO MUNICÍPIO DE VILA NOVA DE GAIA

Marco Lima de Carvalho¹; Paulo Nuno Sampaio¹

¹ Gaiurb – Urbanismo e Habitação, EEM – Dep. Informação Geográfica – Largo Aljubarrota, 13, 4400 VN Gaia

(mlima@gaiurb.pt; psampaio@gaiurb.pt)

RESUMO

O estudo descrito consiste na apresentação do caso do município de Vila Nova de Gaia, no que se refere à conversão de grandes volumes de informação cartográfica para o novo sistema de referência PT-TM06/ETRS89, e a sua implementação generalizada no município no ano de 2010.

A metodologia aqui apresentada traduz a transposição para a realidade de uma situação algo complexa no que diz respeito à sua utilização por todos os técnicos de um município e não apenas por um grupo restrito de técnicos especializados. No caso de Vila Nova de Gaia, os *terabytes* de informação geográfica distribuídos por vários servidores, inviabilizavam à partida a alteração em bloco de toda a informação apenas por um grupo de trabalho. Neste sentido foram estudadas soluções expeditas no que diz respeito às características técnicas da própria transformação cartográfica, garantindo sempre o rigor posicional associado à escala da cartografia. Assim como o facto de qualquer técnico, poder efectuar as suas próprias transformações e adequando o histórico de informação cartográfica, topográfica e de desenho técnico para o novo sistema de referência.

O trabalho aqui apresentado relata os seguintes procedimentos:

- Definição dos parâmetros a aplicar à transformação no concelho de Vila Nova de Gaia e validação da transformação obtida com verificação da exactidão posicional;
- As aplicações informáticas disponibilizadas para todos os técnicos e munícipes que possuam informação cartográfica e métodos de conversão;
- A sua divulgação e sensibilização generalizada, assim como a influência desta transformação no dia-a-dia dos serviços municipais;

A transformação de todo o servidor de dados geográficos e cartográficos, das inúmeras aplicações informáticas, foi um caso de sucesso, baseado no ligeiro impacto que a mesma teve nos procedimentos diários dos diversos serviços, devido a um planeamento eficaz e definição de uma estratégia optimizada para a implementação do novo sistema, PT-TM06/ETRS89.

1.Introdução

A partilha de informação entre os diferentes países da comunidade europeia tornou-se um factor primordial para um crescimento sustentável, por este motivo têm sido adoptados critérios de harmonização da informação entre os diferentes estados. A mudança de um sistema de referência cartográfica e a consequente alteração de toda a base de dados geográfica é um processo complexo e moroso. No entanto a Directiva INSPIRE, Infra-Estrutura de Informação Espacial na Comunidade Europeia, obriga os Estados Membros a gerirem e a disponibilizarem os dados e os serviços de informação geográfica (IG) de acordo com princípios e regras comuns (metadados, interoperabilidade de dados e serviços de IG, princípios de acesso e partilha de dados). (Inspire,2011).

No caso concreto de Portugal a entidade responsável pela gestão e manutenção dos Sistemas de Referência, o Instituto Geográfico Português (IGP), considerou os sistemas anteriormente utilizados, *Datum 73* (DT73), entre outros, como obsoletos e adoptou o novo sistema de georreferenciação designado por PT-TM06/ETRS89, apoiado no sistema global de referência ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*) recomendado pela EUREF (*European Reference Frame*, subcomissão da IAG - Associação Internacional de Geodesia).

Desde 2006 que o IGP adoptou este novo Sistema de Referência e por este motivo, com vista à uniformização da informação com o *Datum* recomendado, a Gaiurb, EEM decidiu em 2008 iniciar o processo de adopção desse mesmo sistema. Para tal, foi necessário estudar e analisar quais os procedimentos mais adequados que garantissem o rigor posicional, uma célere transformação da informação cartográfica e a adopção de procedimentos globais de implementação em todos os serviços municipais, com o mínimo de impacto.

Ao longo da sua existência a Gaiurb, EEM tem desempenhado um papel fundamental no município de Vila Nova de Gaia e habituou os seus munícipes a estar na vanguarda da tecnologia em todas as suas áreas de intervenção. No que diz respeito aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), implementou e desenvolveu ferramentas de apoio ao Urbanismo sendo um dos municípios de referência a nível nacional, não só pelo tipo de aplicações que utiliza, mas também pelo volume de informação georreferenciada que possui nos seus servidores e disponibiliza ao público em geral. Entendemos por isso que era agora a altura ideal para dar cumprimento às directivas europeias e nacionais, implementando a utilização do sistema de referenciação PT-TM06/ETRS89.

2.Implicações da adopção de um novo Sistema de Referência

Analizada toda a informação georreferenciada disponível nos servidores da Gaiurb, podemos agrupar toda a informação em dois grandes grupos; a informação vectorial e a informação *raster*. A informação vectorial engloba a informação de cartografia topográfica de vários anos, cartografia temática, levantamentos topográficos, alvarás de loteamento e estudos urbanísticos inter-departamentais. Relativamente à informação *raster* temos os ortofotomapas de vários anos, cartografia histórica, planos e alvarás de loteamento. Toda

esta informação encontra-se armazenada nos mais diversos formatos, a saber, *dwg*, *dxf*, *dwf*, *shp* e *sdf*, bases de dados *Postgres* e *SQL* para a informação vectorial e *jpeg*, *tif* e *sid* para a informação *raster*.

Esta informação serve de base às duas principais aplicações utilizadas na empresa, a aplicação de emissão de plantas utilizada no atendimento ao munícipe e o Gismat que está disponível para todos os técnicos da empresa, departamentos municipais e outras empresas do município e serve de base para a produção de nova informação através da utilização de ferramentas de *CAD* (*Computer-aided design*) e *SIG*.

O grande desafio para a concretização desta mudança de Sistema de Referência, tendo em consideração todos os diferentes tipos de informação e as especificidades de cada aplicação, era o de desenvolver procedimentos de transformação que permitissem:

- Garantir a qualidade e fiabilidade da informação após a transformação;
- Garantir o normal funcionamento da empresa e das aplicações;
- Disponibilizar ferramentas, de fácil utilização, para que qualquer técnico consiga transformar a informação entre os dois sistemas de referência, DT73 e PT-TM06/ETRS89, no seu posto de trabalho.

3. Análise e implementação da transformação de Sistema de Referência

3.1 Avaliação de metodologias para a implementação da transformação

A primeira análise de conversão realizada foi efectuada com recurso à transformação de coordenadas pelos métodos de Bursa-Wolf e Molodensky cujos parâmetros utilizados são os disponibilizados através do *site* do IGP. Utilizando como ponto de partida a rede de marcas topográficas já calculadas em ambos os sistemas de referência, por métodos de posicionamento precisos, procedeu-se à transformação da rede de marcas por ambos os métodos e obtiveram-se diferenças que variam na ordem dos 1,5m, logo a utilização deste tipo de metodologias, com o recurso a parâmetros globais, para a concretização da transformação, foi abandonada.

Em seguida foram analisadas as aplicações oficiais disponibilizadas pelo IGP para a conversão entre os dois sistemas. Estes aplicativos apesar de serem de fácil utilização, apenas estão disponíveis para os formatos *dgn*, *shp*, *dxf* e *tfw*. Após algumas verificações constatou-se que estes aplicativos introduziam erros de geometria nos ficheiros transformados, o que inviabilizava a sua utilização (Figura 1). É notória a degradação vectorial do desenho, nomeadamente nos arcos, círculos, tramas e geometria dos edifícios. Outro factor impeditivo à utilização destes aplicativos era a obrigatoriedade de transformar toda a informação existente no servidores, nos diversos formatos *dwg*, *sid* e *jpeg*, (a título de exemplo, no servidor cartografia existem 13.000 ficheiros em formato *dwg*) para um dos formatos referidos anteriormente, o que implicava duplicação de procedimentos, tempo e recursos informáticos

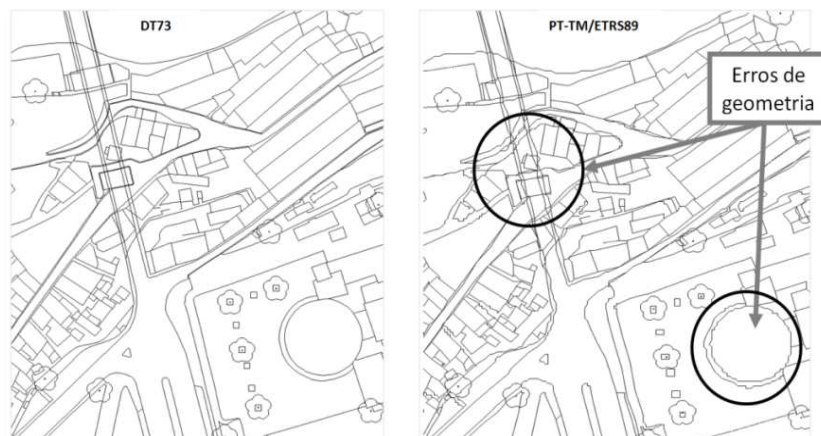


Figura 1 – Comparação entre a cartografia vectorial antes e após a transformação com o aplicativo do IGP

A última metodologia analisada foi a utilização do método das grelhas para a concretização da conversão entre os dois Sistemas de Referência. Segundo José Alberto Gonçalves no seu estudo sobre a Adopção de Sistema de Referência Geográfica Globais “a conversão de *Datum* é essencialmente uma transformação planimétrica, que requer a determinação de diferenças de longitude ($\Delta\lambda$) e latitude ($\Delta\phi$). Dispondo de duas grelhas regulares (uma para cada coordenada) de diferenças, os valores de $\Delta\lambda$ e $\Delta\phi$ podem ser calculados em qualquer ponto através de uma interpolação bilinear. As grelhas deverão ser geradas a partir das diferenças de coordenadas nos pontos da rede geodésica” (Gonçalves, 2008).

A aplicação deste tipo de metodologias permite de forma simples transformar um grande volume de informação e com bastante fiabilidade, apenas não está disponível a sua utilização na maioria dos *softwares*, assim como para a totalidade dos diferentes formatos e diferentes aplicações informáticas existentes na empresa.

Segundo o autor do mesmo do estudo “atendendo a que muitos utilizadores gerem informação para regiões de relativamente pequena dimensão, como por exemplo um concelho ou uma associação de municípios, podem ser admitidas simplificações, sem perda de rigor. A mudança de sistema numa pequena região, digamos até uma dimensão de 20 km, traduzir-se-á essencialmente numa translação. A simplificação consistirá em determinar a translação média para a região e, após verificar que dentro da precisão dos dados ela pode ser considerada constante, aplicá-la como uma simples translação.” (Gonçalves, 2008)

Este foi o factor determinante para a opção tomada, que foi a de calcular um vector de deslocação médio para o concelho de Vila Nova de Gaia e aplicá-lo a toda a informação georreferenciada nos servidores do município.

3.2 Cálculo dos parâmetros de transformação e avaliação de resultados

3.2.1 – Cálculo dos parâmetros de transformação

Para o cálculo do vector de translação médio, uma vez que existe uma boa distribuição de marcos de primeira e segunda ordem da Rede Geodésica Nacional na área do concelho, a saber, o de Corujeiras, Afurada, Santo Ovídeo, Arnelas e Vergada, foram calculadas para cada marco as diferenças de coordenadas entre os *Data* DT73 e PT-TM06/ETRS89, de acordo com as coordenadas oficiais do IGP disponibilizadas no sítio da internet e calculada a média das diferenças entre os *Data* (quadro 1).

Quadro 1 – Valores médios das diferenças de coordenadas entre os dois *Data*

	Dx (m)	Dy (m)
Média	-2,768	-2,524
Desvio Padrão	0,119	0,133

Comparando esta informação com a informação explanada no quadro 2 é notório que, para a informação cartográfica utilizada no concelho de Vila Nova de Gaia, o desvio padrão é inferior ao desvio máximo permitido para Modelos Numéricos Topográficos (MNT) à escala 1:1000, 1:2000 e 1:5000 existentes no município.

Quadro 2 – Exactidão e precisão posicionais para a cartografia nas escalas 1:1000 1:2000, 1:5000 (metros)

	Escala da Carta / Escala do Voo	1:1 000 / 1:4 500	1:2 000 / 1:7 500	1:5 000 / 1:15 000
MNT (Nas escalas 1:1000, 1:2000 e 1:5000 tem a designação de MNTC)	Grupo B - Desvio planimétrico têm que apresentar um desvio <=	0,18	0,30	0,75

De uma forma geral uma transformação entre *data* geodésicos é efectuada aplicando a uma translação, uma rotação e um factor de escala. Dado que para a transformação entre os dois *data* geodésicos apenas ia ser utilizada uma translação, era necessário avaliar o impacto desta simplificação. Com recurso à já referida rede de marcas topográficas do município e utilizando uma transformação afim foi determinada uma rotação de 0,0011° e um factor de escala de 0.999989346. Baseados nos resultados obtidos e tendo em consideração as escalas envolvidas, a interferência na qualidade do resultado é mínima e pode por isso ser desprezado. Este factor é crucial tanto na simplificação do desenvolvimento aplicacional como na conversão da informação *raster*. A importância desta simplificação na informação *raster*, explica-se pelo facto de apenas ser alterado o ponto de inserção da imagem não havendo alteração do tamanho do pixel nem da rotação da imagem, que tanto pode estar aplicada à própria imagem ou inserida no ficheiro de georreferenciação.

No sentido de validar estes resultados foi efectuado um teste comparativo da transformação utilizando as coordenadas dos marcos geodésicos em DT73. As coordenadas em PT-TM06/ETRS89 foram calculadas através da aplicação da translação média às coordenadas em DT73 e através dos programas de transformação fornecidos pelo IGP.

Os resíduos de ambos foram obtidos por comparação com as coordenadas oficiais disponibilizadas para cada marco.

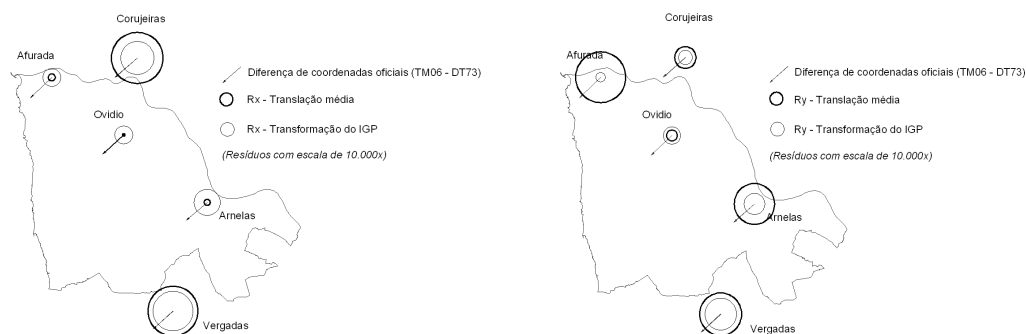


Figura 2 – Representação espacial dos resíduos em X e Y da Translação média e da Transformação do IGP

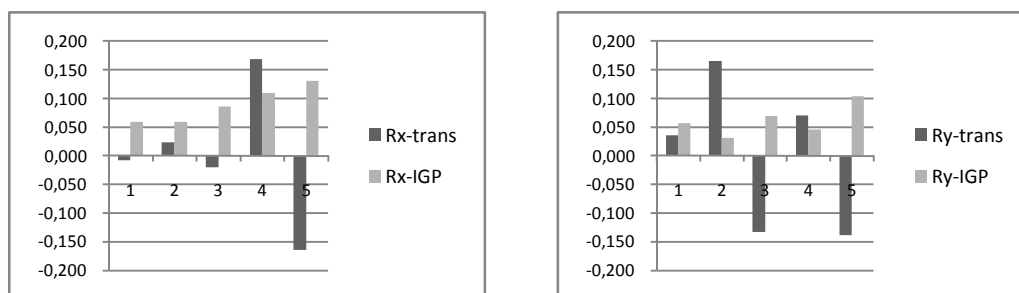


Figura 3 – Gráficos dos resíduos em X e Y da Translação média e da Transformação do IGP (metros)

Conforme é possível verificar através das figuras 2 e 3, onde estão representados de forma gráfica e espacial (para a representação espacial foi aplicado um factor de escala de forma a que os resíduos pudessem ser visíveis) os resíduos de transformação por ambos os métodos, à esquerda estão representados os resíduos em x e à direita os resíduos em y. Da análise dos gráficos é possível verificar que os resíduos obtidos através da translação variam em torno de uma posição média, conforme era de esperar, mas existe uma variação maior entre os diferentes resíduos. Relativamente aos resíduos obtidos através da transformação fornecida pelo IGP existe uma maior uniformidade entre os resíduos dos diferentes pontos, o que se explica pelo facto de se utilizar um polinómio de grau dois para

a transformação, e se estar a aplicar um modelo definido a nível nacional, mas ao contrário do método anterior todos os resíduos apresentam a mesma tendência, o que não é uma situação ideal.

Calculado o erro médio quadrático (EMQ) dos resultados obtidos (Ariza,2002) por ambos os métodos, valores representados no quadro 3, é possível constatar que os erros envolvidos são da mesma ordem de grandeza, existindo uma diferença de 4 cm entre ambos os métodos.

Tendo em consideração que as coordenadas dos próprios marcos geodésicos têm resíduos associados que variam entre os 2 cm e 4 cm, considerando as escalas da informação cartográfica utilizada no concelho de Vila Nova de Gaia, concluímos que é válida a utilização da translação média de -2.768 metros em X e -2.524 metros em Y, para a transformação entre Datum 73 e Datum ETRS89 no município de Vila Nova de Gaia.

Quadro 3 – Valores médios das diferenças de coordenadas entre os dois *Data* (metros)

	EMQx	EMQy	EMQxy
Translação	0,11	0,12	0,15
IGP	0,09	0,07	0,11

3.2.2 – Avaliação de Resultados

No sentido de validar os parâmetros para a translação média, determinados anteriormente, foi escolhido um grupo de doze pontos existentes simultaneamente nas cartografias 1:1000, 1:2000 e 1:5000. O levantamento de campo foi efectuado com recurso a um equipamento GPS de dupla frequência e foram utilizadas as correcções diferenciais da estação de referência de Gaia do IGP em modo de pós-processamento (RENEP, 2010).

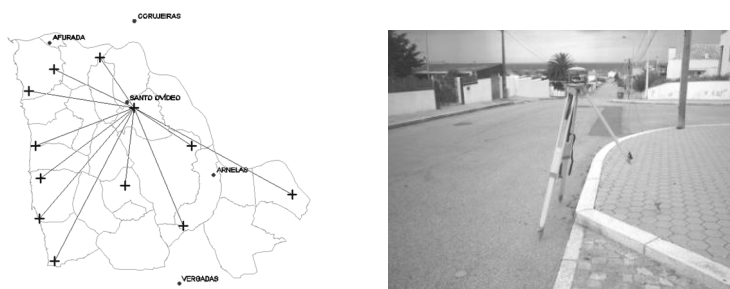


Figura 4 – Distribuição e exemplo dos pontos de controlo utilizados para validação da transformação

Para que o resultado desta validação seja coerente, foi necessário efectuar a avaliação da qualidade da informação antes e depois da transformação. As coordenadas dos pontos levantados foram calculadas, através de pós-processamento, em Datum 73 e Datum PT-TM06/ETRS89, posteriormente comparadas com os valores das suas coordenadas obtidas da cartografia antes e depois da translação, os resultados encontram-se explanados nos quadros 4 e 5.

Quadro 4 – Cálculo do EMQ da cartografia antes e depois da translação (metros)

		Cartografia 1:5000			Cartografia 1:2000			Cartografia 1:1000		
		Média	Desvio Padrão	EMQ	Média	Desvio Padrão	EMQ	Média	Desvio Padrão	EMQ
DT73	X	-0,051	0,307	0,298	0,092	0,183	0,194	-0,021	0,140	0,123
	Y	-0,068	0,258	0,256	-0,012	0,341	0,320	0,074	0,101	0,114
ETRS89	X	-0,121	0,306	0,317	0,056	0,173	0,171	-0,011	0,145	0,126
	Y	0,001	0,257	0,246	0,046	0,330	0,312	0,052	0,177	0,162

Quadro 5 – EMQ planimétrico entre os *Data* (metros)

	DT73	ETRS89
Cartografia 1:1000	0,168	0,205
Cartografia 1:2000	0,374	0,319
Cartografia 1:5000	0,393	0,401

Nesta fase da análise o importante não é analisar a qualidade posicional em termos absolutos da cartografia, esse controlo foi já realizado aquando da aquisição da mesma, mas sim calcular qual o valor da degradação posicional, resultante da aplicação da translação média. Da análise do quadro 5, verifica-se que os EMQ_{xy} para as cartografias 1:1000, 1:2000 e 1:5000 calculado nos dois *data* são da mesma ordem de grandeza. Conclui-se deste modo que o rigor posicional das cartografias é da mesma ordem de grandeza antes e após a transformação para PT-TM06/ETRS89.

No sentido de verificar as diferenças provocadas por esta translação na união da cartografia de dois concelhos vizinhos, à semelhança do que tinha já sido realizado anteriormente, foram obtidas as coordenadas de uma série de pontos em ambas as cartografias e sistemas de referência, tendo-se calculado as diferenças entre as suas coordenadas. Da análise do quadro 6 podemos constatar que em ambos os *Data* os EMQ_{xy} são da mesma ordem de grandeza, verificando-se uma diferença de 8 cm entre as duas cartografias.

Quadro 6 – Resultado comparativo do EMQ das diferenças de uma série de pontos obtidos na Cartografia de Vila Nova de Gaia e Santa Maria da Feira em Datum 73 e em Datum PT-TM06/ETRS89

	EMQx (m)	EMQy (m)	EMQxy (m)
DT73	0,290	0,332	0,440
ETRS	0,376	0,368	0,526

Desta forma, tendo em consideração todas as análises comparativas, podemos aferir que, no caso de Vila Nova de Gaia, é válido a utilização desta translação média para a transformação entre Datum 73 e Datum PT-TM06/ETRS89.

4.Desenvolvimento de aplicativos de transformação

Calculados e validados os valores da translação procedeu-se ao desenvolvimento dos algoritmos e aplicações necessárias à sua implementação. Tendo em consideração que se tratava apenas de uma translação, diferentes metodologias de cálculo e *software* poderiam ser utilizados que garantidamente o resultado final da transformação seria uniforme.

Para a transformação de ficheiros com formato *dwg*, *dwt* e *dxf* foram criados 3 algoritmos em tudo semelhantes, apenas variam no formato de gravação do ficheiro. Estes algoritmos podem ser executados através das *macros* do *Autocad* e permitem transformar ficheiros ou grupos de ficheiros dentro de um directório. O utilizador apenas necessita de indicar o caminho onde se encontra a informação e a pasta de gravação da informação (Figura 5).

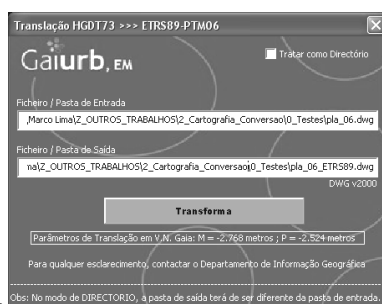


Figura 5 – Aplicação de transformação de ficheiros *dwg*, *dwt* e *dxf*

Na transformação dos ficheiros *shapefile* foi criado o ficheiro *prj* com a translação média e utilizada a ferramenta *Projections and Transformations* do *Arctoolbox* do software *Arcgis/Arcview*.

Para proceder à transformação de toda a informação *raster* foi desenvolvido um aplicativo em C++ que, colocado na raiz de um directório pesquisa em todos os subdirectórios os ficheiros *tfw*, *sdw* e *jgw* aplicando a cada ficheiro os valores da translação. Este aplicativo em poucos segundos consegue transformar *Gigabytes* de informação.

Para os ficheiros com extensão *sdf*, utilizadas pelo motor geográfico e aplicações Gismat, tal como nos casos anteriores, foi desenvolvido um aplicativo que permite efectuar a translação de um ou mais ficheiros em simultâneo.

Para a informação geográfica armazenada em base de dados, foram adicionados os valores da translação a todos os campos que armazenam coordenadas.

5. Conclusões

Este método de transformação para uma área como a do concelho de Vila Nova de Gaia, recorrendo à aplicação de uma translação simples, permite a transformação da informação entre os dois sistemas de forma expedita e mantendo a qualidade final da informação. As diferenças verificadas do EMQ entre Datum 73 e Datum PT-TM06/ETRS89 permitem validar a transformação cartográfica com base nas precisões indicadas para as diferentes escalas cartográficas pelo Instituto Geográfico Português.

A utilização deste tipo de metodologias, ultrapassado o período mais alargado de análise, estudo técnico e desenvolvimento das aplicações, com a duração de aproximadamente 4 meses, foi possível em apenas dois meses efectuar a conversão de toda a informação geográfica, o que corresponde a um volume de dados de aproximadamente 1.3 Tb.

Cada serviço procedeu à alteração do sistema de coordenadas da informação *CAD* e *raster* georreferenciada que detém, utilizando as ferramentas disponibilizadas para o efeito e mantendo a integridade da informação. Para a divulgação e sensibilização foi realizada uma apresentação intra-municipal sobre as metodologias a aplicar e apresentação dos vídeos de ajuda produzidos para o efeito.

Com a adopção desta metodologia de trabalho, a transformação de toda a informação cartográfica foi um sucesso, quer pelo rigor posicional obtido em função da metodologia de cálculo utilizada, quer pela rápida e efectiva implementação do novo sistema sem impacto nos serviços municipais.

Referências Bibliográficas

Gonçalves, J., (2008): “Adopção de Sistemas de Referência Geográfica Globais”. Proceedings da conferência ESIG2008, Lisboa, Maio 2008.

Ariza, F. J., (2002): “Calidad en la Producción Cartográfica”, ed 1 Madrid, Espanha: RA-MA. ISBN 84-7897-524-1.

Inspire, (2011), Página da Directiva Inspire no Instituto Geográfico Português, <http://snig.igeo.pt/inspire/>, consultada em 04 de Março de 2011.

RENEP, (2010), Página da Rede Nacional de Estações de Referência do Instituto Geográfico Português, <http://www.igeo.pt/produtos/geodesia/vg/renep/renep.asp>, consultada em 2010.

Agradecimentos

Pelo apoio e colaboração na realização deste trabalho agradecemos em especial ao Eng. José Alberto Gonçalves (FCUP), ao Eng. António Matos (Gaiurb,EEM), ao Eng. Luis Brás (C.M.Gaia) e à PH-Informática.