

WebTranscoord

Programa de transformação de coordenadas baseado em software livre

SILVA, Henrique; MEDEIRO, Ana; VASCONCELOS, Manuela

O WebTransCoord é a nova versão do TransCoord PRO, agora desenvolvido como uma solução de internet para transformação de coordenadas dos sistemas de referência portugueses, com parâmetros calculados pela Divisão de Geodesia da Direção-Geral do Território para as transformações Bursa-Wolf e grelhas (NTV2), assim como o cálculo das altitudes ortométricas utilizando o modelo de geóide GeodPT08 para o continente e um modelo matemático baseado em harmónicas esféricas para as ilhas.

O núcleo desta aplicação é baseado na biblioteca livre em código Java GeoToolkit, uma implementação estrita das especificações OGC “GeoAPI 3.0”, “CTS - *Coordinate Transformation Services*” e na norma ISO 19111.

Adicionalmente, o WebTranscoord permite visualizar os pontos coordenados nos mapas da Google através da biblioteca Javascript OpenLayers. Paralelamente, é disponibilizado um serviço REST que faz a transformação ponto a ponto para integração com outras aplicações.

A aplicação está disponível em <http://cgpr.dgterritorio.pt/webtranscoord/>

PALAVRAS-CHAVE

Sistemas de Referência, Transformação de Coordenadas, Software Livre, Geotoolkit, OpenLayers.

ARQUITETURA DA APLICAÇÃO

O WebTransCoord é uma aplicação que corre no browser de internet e é baseada em linguagem Java e Javascript, servida como Java Server Pages (JSP) através do Apache Tomcat 6.

Os cálculos para a transformação de coordenadas são feitos no servidor, utilizando a biblioteca Java Geotoolkit. O interface para o utilizador é feito em HTML e Javascript, para efeitos da escolha de parâmetros, inserção e validação de listas de pontos coordenados e visualização dos pontos, neste último caso, utilizando a biblioteca Javascript OpenLayers.

Os sistemas de referência e os parâmetros de transformação são carregados no formato WKT (*Well Known Text*), de forma normalizada.

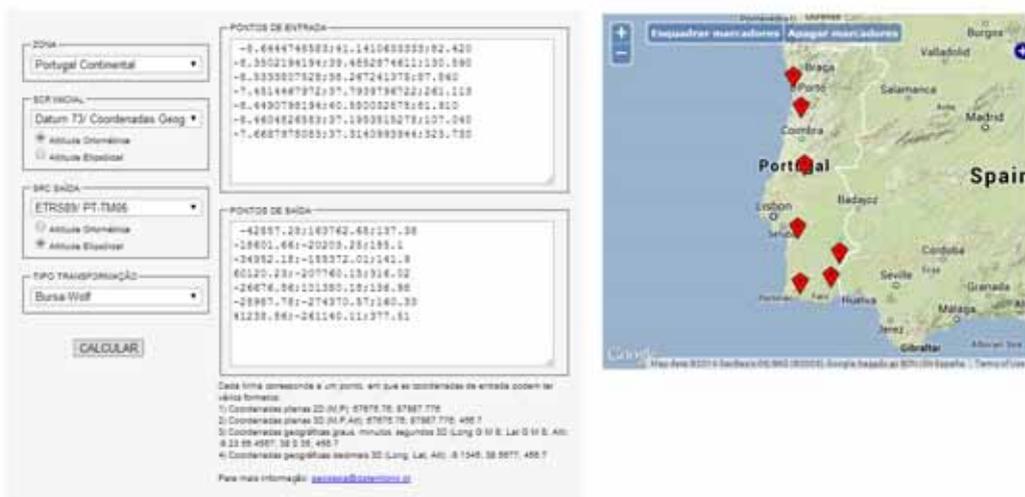


Figura 1: Interface do WebTransCoord.

Bibliotecas Geotoolkit e OpenLayers

O Geotoolkit é uma biblioteca livre em código Java para o desenvolvimento de aplicações geoespaciais. Foi desenvolvida por Martin Desruisseaux a partir do código da biblioteca Geotools.

É uma biblioteca muito vasta abrangendo vários domínios da informação geográfica. Alguns dos módulos mais importantes são:

Metadata core - Metadata structures (ISO 19115) and their XML representation (ISO 19139);

Referencing core - Coordinate Reference Systems (CRS) and operations;

Referencing 3D - Transformation between ellipsoidal and geoidal heights;

EPSG database - The database from OGP Surveying & Positioning Committee;

Coverage core - Grid coverage services (rasters);

Coverage I/O - Grid coverage readers and writers.

O WebTransCoord apenas usa os módulos relativos aos CRS e respectivas transformações e conversões (Referencing core e Referencing 3D). Estes dois módulos foram utilizados para todas as operações, inclusive a transformação por grelhas, à excepção do cálculo da ondulação do geóide para o continente, em que foi desenvolvido um pequeno módulo com base num algoritmo de interpolação bilinear.

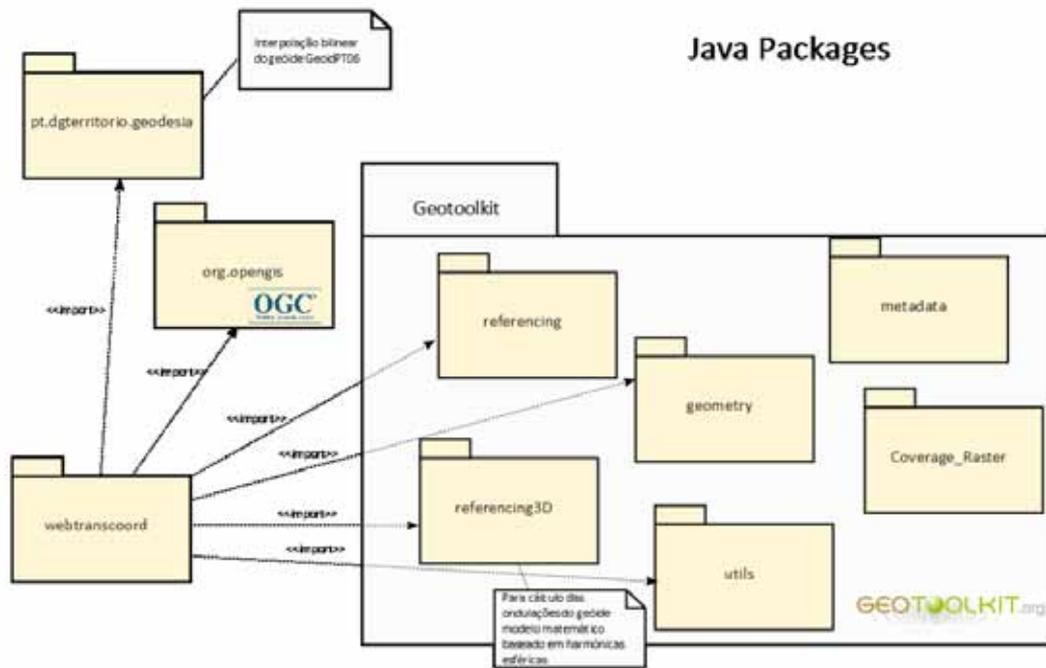


Figura 2: Java Packages.

O OpenLayers é uma biblioteca Javascript que permite a criação de mapas dinâmicos na internet. Assim como o Geotoolkit, é uma biblioteca extensa que incorpora muitas das funcionalidades habitualmente disponíveis nos SIG. No WebTransCoord é utilizada para a visualização dos pontos coordenados sobre os mapas do Google.

Serviço REST

Este serviço disponibiliza uma operação para a transformação de um ponto coordenado entre os sistemas de referência portugueses na forma de um pedido HTTP GET. Este tipo de serviço é muito prático para integração com outras aplicações que necessitem de fazer transformação de coordenadas.

Exemplos de pedidos ao serviço:

`http://cgpr.dgterritorio.pt/webtranscoord/transformar?x=-8.4532&y=38.5671&area=Portugal%20Continental&crsin=4274&crsout=3763&metodo=grelhas`

`http://cgpr.dgterritorio.pt/webtranscoord/transformar?x=-8.532&y=38.5671&z=234&area=Portugal%20Continental&crsin=4274&crsout=3763&altin=Elipsoidal&altout=Ortométrica&metodo=grelhas`

| Parâmetros | Obrigatoriedade | Comentários |
|------------|----------------------------------|---|
| x | Obrigatório | Se coordenadas geográficas é a longitude. Formato do valor = 67675.76 ou -9.1345 ou -9 23 56.4567 |
| y | Obrigatório | Se coordenadas geográficas é a latitude. Formato do valor = 87987.776 ou 38.5677 ou 38 0 35 |
| z | Opcional | Altitude. Formato do valor = 456.7 |
| area | Obrigatório | Área de aplicabilidade dos sistemas de referência e das suas transformações. |
| crsin | Obrigatório | Código EPSG do sistemas de referência das coordenadas de entrada. |
| crsout | Obrigatório | Código EPSG do sistemas de referência das coordenadas de saída. |
| metodo | Obrigatório | Método utilizado na transformação entre os sistemas. |
| altin | Condicional - obrigatório se "z" | Indicação do tipo de altitude de entrada. |
| altout | Condicional - obrigatório se "z" | Indicação do tipo de altitude de saída. |

Tabela 1: Parâmetros do serviço REST.

| Parâmetros | Códigos |
|---------------|--|
| area | Portugal Continental, Acores, Madeira |
| crsin, crsout | 3763, 4207, 4258, 4274, 5018, 20790, 27493, 5014, 5015, 2188, 2189, 5013, 2190, 3061, 5016 |
| metodo | BursaWolf, grelhas |
| altin, altout | Ortometrica, Elipsoidal |

Tabela 2: Valores dos parâmetros.

Normas e especificações

O Geotoolkit é uma implementação estrita da especificação OGC "GeoAPI 3.0" que define a funcionalidade existente e o interface da biblioteca. Esta especificação, fundada na especificação OGC "CTS - Coordinate Transformation Services" e na norma ISO 19111, é constituída por um largo conjunto de interfaces para a criação de aplicações Java para a manipulação de informação geográfica de

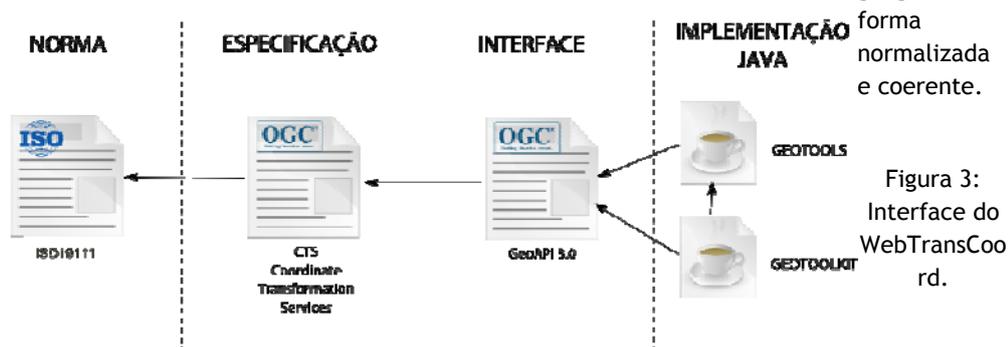


Figura 3: Interface do WebTransCoord.

O Geotoolkit cria internamente os CRS a partir da sua definição em formato WKT segundo a especificação OGC já referida anteriormente “CTS - Coordinate Transformation Services”. Este formato permite uma definição normalizada dos SRC.

Os parâmetros de transformação Bursa-Wolf são especificados no elemento TOWGS84. Ou seja, todas as transformações Bursa-Wolf são definidas relativamente ao datum WGS84, que funciona como pivot. O data WGS84 e o ETRS89 são considerados coincidentes, nesta aplicação.

```
PROJCS["Datum 73 / Modified Portuguese Grid",  
GEOGCS["Datum 73",  
DATUM["Datum_73",  
SPHEROID["International 1924", 6378388.0, 297.0,  
AUTHORITY["EPSG":"7022"]],  
TOWGS84[-230.994,102.591,25.199,0.633,-0.239,0.9,1.95],  
AUTHORITY["EPSG":"6274"]],  
PRIMEM["Greenwich", 0.0, AUTHORITY["EPSG":"8901"]],  
UNIT["degree", 0.017453292519943295],  
AXIS["Geodetic Longitude", EAST],  
AXIS["Geodetic Latitude", NORTH],  
AUTHORITY["EPSG":"4274"]],  
PROJECTION["Transverse Mercator"],  
PARAMETER["central_meridian", -8.131905111111111*2],  
PARAMETER["attitude_of_origin", 39.6566666666666664],  
PARAMETER["scale_factor", 1.0],  
PARAMETER["false_easting", 180.596],  
PARAMETER["false_northing", -86.99],  
UNIT["metre", 1.0],  
AXIS["x", EAST],  
AXIS["y", NORTH],  
AUTHORITY["EPSG":"27493"]]
```

Figura 4: Exemplo de sistema de referência em WKT.

PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO

Nesta aplicação utilizam-se dois tipos de transformação de coordenadas, a de Bursa-Wolf e a transformação por grelhas de diferenças de coordenadas, que de momento apenas está disponível para Portugal continental. A Direção-Geral do Território disponibiliza os parâmetros de transformação de coordenadas entre os principais sistemas utilizados em Portugal.

Transformação de Bursa-Wolf

No método de Bursa-Wolf a transformação de coordenadas realiza-se no espaço recorrendo a 7 parâmetros, que traduzem a translação da origem do sistema de partida ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$), as rotações em torno dos eixos (RX,RY,RZ) e um factor de escala (α), relacionado com a forma dos dois elipsóides.

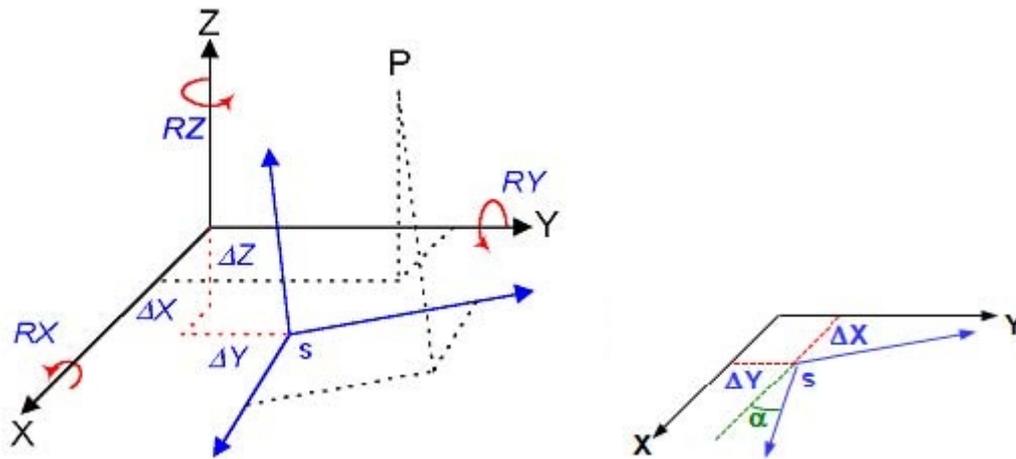


Figura 5: Método de Bursa-Wolf.

Nesta aplicação, o método de Bursa-Wolf pode ser utilizado entre os sistemas Datum Lisboa e Datum 73 e o sistema PT-TM06/ETRS89, no caso de Portugal Continental. Na Madeira este método transformação é utilizada entre o sistema Datum Base SE e o sistema PTRAO8-UTM/ITRF93. Nos Açores esta transformação pode ser utilizada entre os sistemas Datum Forte de São Braz, Datum Base SW e Datum Observatório e o sistema PTRAO8-UTM/ITRF93.

| Zona | Transformação | Máximo Absoluto (m) | | | E.M.Q. (m) | | |
|------------------|-----------------------|---------------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | | M | P | h | M | P | h |
| Continente | DLx □ PT-TM06 | 5.099 | 4.146 | 1.060 | 1.404 | 1.493 | 0.251 |
| | D73 □ PT-TM06 | 1.351 | 1.080 | 1.017 | 0.381 | 0.359 | 0.239 |
| Madeira | Base SE □ PTRAO8 | 0.122 | 0.106 | 1.122 | 0.051 | 0.044 | 0.539 |
| Açores Oriental | S. Braz □ PTRAO8 | 0.081 | 0.068 | 0.388 | 0.024 | 0.022 | 0.085 |
| Açores Central | Base SW □ PTRAO8 | 0.362 | 0.092 | 0.966 | 0.184 | 0.044 | 0.236 |
| Açores Ocidental | Observatório □ PTRAO8 | 0.058 | 0.056 | 0.160 | 0.031 | 0.023 | 0.077 |

Tabela 3: Análise estatística dos resíduos obtidos na transformação de Bursa-Wolf, para uma amostra de 833 pontos independentes.

Transformação por Grelhas de Diferenças de Coordenadas

Este método está implementado para a transformação dos sistemas Datum Lisboa e Datum 73 para o PT-TM06/ETRS89, utilizando grelhas no formato *standard* NTV2, permitindo obter precisões normalmente superiores às outras transformações.

Para a elaboração das grelhas NTV2 foram utilizados 1129 vértices da 1^a, 2^a e 3^a ordens da Rede Geodésica Nacional observados com GPS. Através de uma interpolação pelo método de Kriging, geraram-se as grelhas de diferenças de longitude e latitude com espaçamento de 1',2.

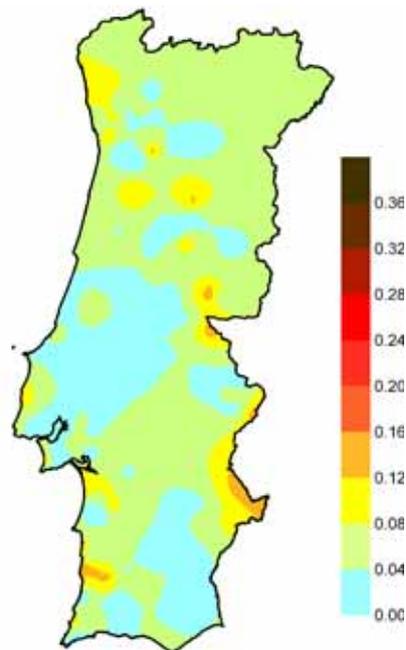


Figura 6: Distribuição dos resíduos (m) obtidos na transformação por grelhas do sistema Datum 73 para o sistema PT-TM06/ETRS89.

A precisão da transformação foi estimada com base em 225 vértices geodésicos, observados com GNSS em modo RTK, que não entraram para a criação das grelhas.

| Resíduos | Datum Lisboa | Datum 73 |
|----------|--------------|----------|
| Máximo | 0.779 | 0.171 |
| Média | 0.162 | 0.051 |
| Mínimo | 0.007 | 0.001 |
| E.M.Q. | 0.200 | 0.063 |

Tabela 4: Estatísticas das diferenças entre as coordenadas PT-TM06/ETRS89 oficiais e as resultantes da transformação por grelhas de diferenças de coordenadas (m).

MODELOS DE GEÓIDE

A transformação entre altitudes elipsoidais e ortométricas é realizada com base no modelo de geóide GeodPT08 para Portugal continental e um modelo global para os arquipélagos da Madeira e dos Açores.

O GeodPT08 (figura 7) é um modelo gravimétrico de geóide para Portugal Continental, elaborado pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em colaboração com a DGT. Foi determinado com base nas observações gravimétricas existentes para o Continente e posteriormente ajustado às redes geodésica e de nivelamento, tendo para tal sido efetuadas observações GNSS em 137 marcas de nivelamento (MN) e 1020 vértices geodésicos (VG) uniformemente distribuídos pelo país. Para a aferição da qualidade do GeodPT08 realizaram-se observações GNSS RTK em VG e MN. O E.M.Q. das amostras das diferenças entre as altitudes ortométricas oficiais e as resultantes da aplicação do GeodPT08 às altitudes elipsoidais é de 9 cm.

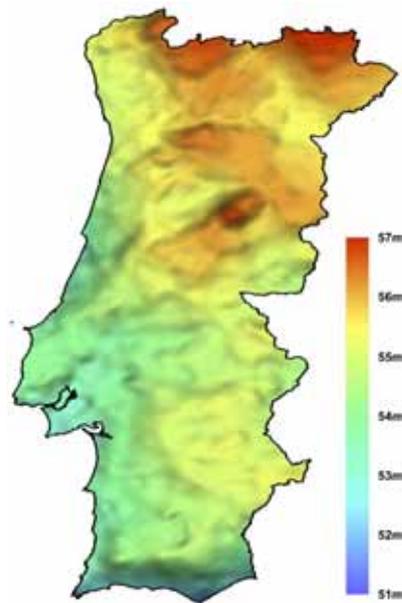


Figura 7: Modelo de Geóide GeodPT08.

Nas regiões autónomas dos Açores e da Madeira a transformação entre altitudes ortométricas e elipsoidais está a ser executada a partir do modelo geopotencial global EGM96 (figura 8), uma vez que era este o método de transformação pré-definido na biblioteca do Geotoolkit e a DGT não dispõe ainda de modelos gravimétricos para as ilhas.

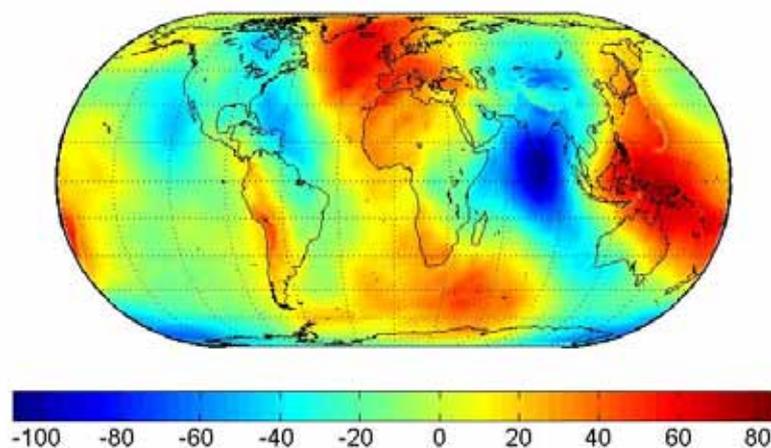


Figura 8: Modelo de Geopotencial Global EGM96 (*Earth Gravitational Model 1996*).

CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Apresenta-se aqui a primeira versão do programa WebTransCoord, desenvolvida seguindo as normas ISO, especificações do OGC, utilizando software livre e dispondo de mecanismos para integração automática com outras aplicações, através do serviço REST.

A utilização da biblioteca Geotoolkit revelou-se uma boa opção, cobrindo quase todos os requisitos em termos de operações de cálculo necessárias e dispondo de um conjunto de utilitários que simplificam consideravelmente os processos de transformação das coordenadas.

Em relação à opção pela linguagem Java, destaca-se a rapidez de processamento, integração dos diversos componentes e escalabilidade.

O WebTransCoord irá certamente crescer e ser aperfeiçoado, nomeadamente com a utilização de outros métodos de transformação de coordenadas, sistemas de referência e modelos de geóide. Verifica-se também a necessidade do desenvolvimento de outras interfaces, por exemplo, para o processamento de muitos milhares de pontos de forma expedita, ou de outros formatos de conjuntos de dados geográficos, cuja solução não passa directamente pelo interface de internet actualmente disponível.

REFERÊNCIAS

- [1] WebTransCoord. <http://cgpr.dgterritorio.pt/webtranscoord/>
- [2] Open Geospatial Consortium. Coordinate Transformation Services (2009)
- [3] Open Geospatial Consortium. GeoAPI 3.0 Implementation Standard (2011)
- [4] Geotoolkit, <http://www.geotoolkit.org/>

AUTORES

Henrique SILVA
hsilva@dgterritorio.pt
Direção-Geral do Território
Direção de Serviços de
Geodesia e Informação
Geográfica

Ana MEDEIRO
amedeiro@dgterritorio.pt
Direção-Geral do Território
Direção de Serviços de
Geodesia e Informação
Geográfica

Manuela VASCONCELOS
mvasconcelos@dgterritorio.pt
Direção-Geral do Território
Direção de Serviços de
Geodesia e Informação
Geográfica