

Imagem topográfica 3D de Algarve

Pedro de Gouveia Rodrigues Caeiro

– Disciplina de Física –

2025 - 2026

Resumo

Resumo

Apresenta-se uma metodologia para integrar código Python com a biblioteca PyGMT em documentos \LaTeX , recorrendo ao pacote `pythontex` para a execução de cálculos e a geração automática de cartas topográficas em formato PNG de elevada qualidade. A abordagem proposta revela-se particularmente adequada a contextos académicos e científicos, nos quais a precisão cartográfica e a clareza tipográfica são factores determinantes. Descreve-se de forma pormenorizada o procedimento, ilustrando-o com um exemplo prático de visualização de uma carta topográfica tridimensional da região do Algarve, com resolução espacial de três segundos de arco^(a).

1 Introdução

A produção de documentos científicos frequentemente exige a apresentação de dados geográficos com elevado rigor visual e cartográfico, combinando precisão técnica com estética profissional. Neste contexto, a integração da biblioteca PyGMT com o sistema de composição tipográfica \LaTeX constitui uma solução robusta e flexível para criar mapas de qualidade compatível com publicações académicas [Uieda2023-pygmt].

^(a) A resolução de 3 segundos de arco corresponde a aproximadamente 90 metros na latitude de Portugal, variando ligeiramente devido à curvatura da Terra.

O PyGMT é uma interface em Python para o *Generic Mapping Tools* (GMT), um conjunto modular de ferramentas de código aberto amplamente utilizado nas ciências da Terra para manipulação de dados topográficos, batimétricos e geofísicos [Wessel2013-gmt]. O PyGMT suporta a manipulação de grelhas em formatos como netCDF e GeoTIFF, e oferece acesso a bases de dados públicas, como o modelo global SRTM15+ [Tozer2019-srtm15].

2 Modelo Digital de Elevação (DEM) e Dados SRTM

Os Modelos Digitais de Elevação (DEM) representam a superfície terrestre em formato raster, permitindo a análise quantitativa do relevo. O conjunto de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) foi obtido durante uma missão espacial da NASA em 2000, utilizando radar de abertura sintética (SAR) para mapear 80% da superfície terrestre com resolução de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 metros) [Farr2007-srtm].

No presente trabalho, utilizou-se a versão melhorada **SRTM15+**, que combina dados SRTM com batimetria global, oferecendo resolução de 15 arco-segundos em áreas costeiras e 1 minuto em alto-mar [Tozer2019-srtm15]. A região do Algarve foi extraída com resolução de **3 segundos de arco** (aproximadamente 90 metros), utilizando a função `pygmt.datasets.load_earth_relief` do PyGMT.

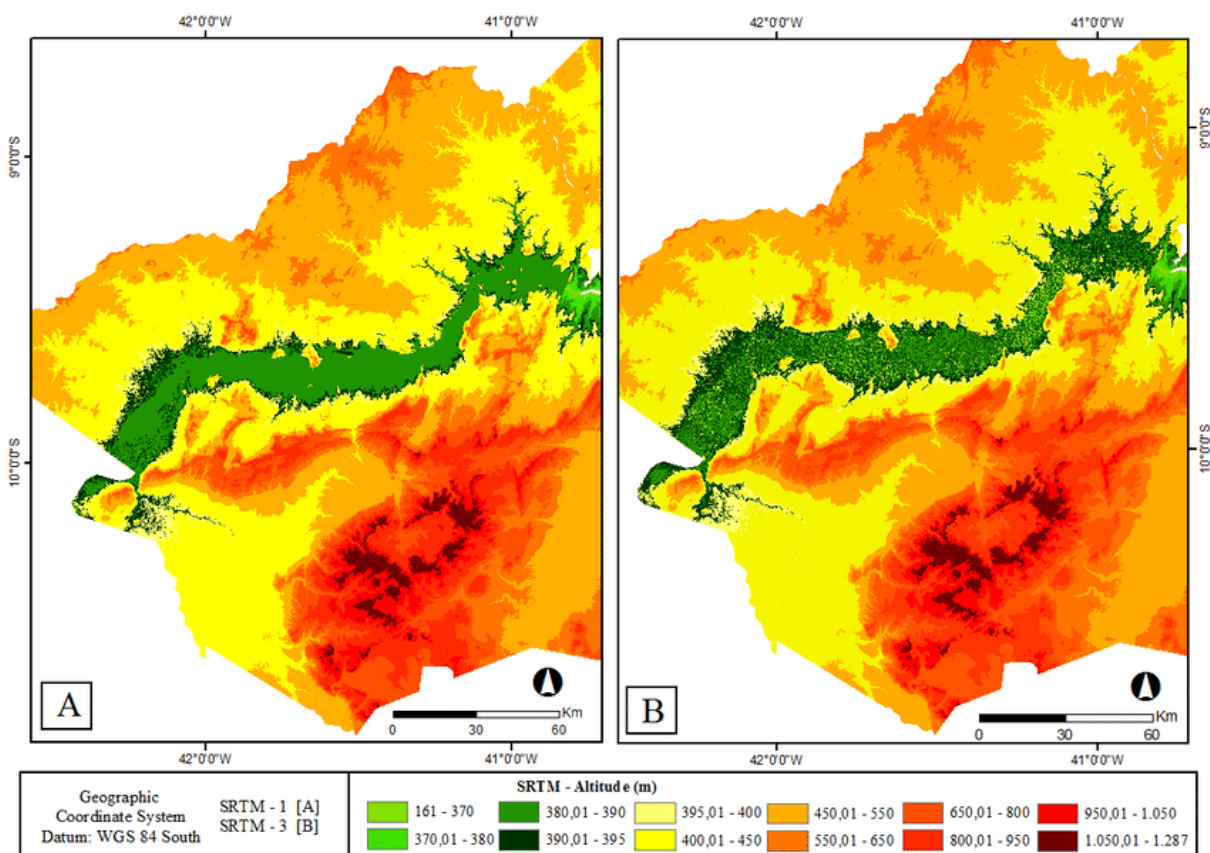


Figura 1: Comparação entre SRTM-1 (A) e SRTM-3 (B) na região do Algarve. Nota-se a perda de detalhe morfológico nas serras e vales na versão de menor resolução (B), especialmente na Serra de Monchique e nos vales fluviais.

3 Visualização Tridimensional com PyGMT

3.1 O módulo `grdview` e a projeção em perspectiva

O módulo `grdview` do PyGMT permite projetar uma grelha de elevação num espaço tridimensional com iluminação realista (*shading*), simulando a perceção humana do relevo. A opção `perspective=[azimute, elevação]` define o ponto de vista do observador, sendo aqui utilizada a configuração [225, 30] (sudoeste, 30° acima do horizonte), que realça de forma eficaz a morfologia da Serra de Monchique e a costa recortada do Barlavento algarvio.

3.2 Vantagens da visualização 3D em publicações científicas

A representação tridimensional oferece vantagens significativas face às vistas 2D tradicionais:

- Maior percepção da profundidade e do volume do relevo;
- Destaque intuitivo de feições como falésias, vales encaixados e dorsos montanhosos;
- Comunicação mais eficaz com leitores não especialistas (ex.: decisores políticos, público geral);
- Possibilidade de combinar múltiplas camadas (costa, cidades, cores hipsométricas) numa única figura impactante.

4 Descrição Técnica do Processo

4.1 Código Python para Geração do Mapa 3D

Listagem 1: Código PyGMT para gerar a carta topográfica 3D do Algarve

```
1 import pygmt
2 pygmt.config(GMT_VERBOSE="e")
3 regioao = [-8.95, -7.4, 36.95, 37.35]
4 fig = pygmt.Figure()
5 grid = pygmt.datasets.load_earth_relief(resolution="03s", region=
    regioao)
6 pygmt.makecpt(cmap="geo", series=[-50, 902, 50], background=True,
    continuous=True)
7 fig.grdimage(grid, region=regiao, projection="M15c", perspective
    =[225,30], frame="a")
8 fig.grdview(grid=grid, region=regiao+[-50,902], perspective
    =[225,30], projection="M15c",
9         zsize="0.2c", shading=True, surftype="i",
10        frame=["xa0.2f0.1", "ya0.1f0.05", "z100+1Elevação (m)
    ", "WSen"])
11 fig.coast(region=regiao, projection="M15c", perspective=[225,30],
```

```

12     shorelines="1/0.6p,black", water="lightblue",
13         resolution="f")
14 cidades = [("Faro",-7.935,37.019), ("Lagos",-8.672,37.100),
15             ("Sagres",-8.945,37.005), ("Monchique",-8.555,37.285),
16             ("Portimão",-8.538,37.137)]
17 for nome,lon,lat in cidades:
18     fig.text(x=lon, y=lat, text=nome, font="11p,Helvetica-Bold,
19             black",
20             offset="0c/0.3c", perspective=[225,30])
21 fig.colorbar(position="jBC+o0c/-2.2c+w9c/0.45c+h",
22             frame=["x50+lElevação (m)", "y+l m"],
23             box="+gwhite+p1p,blue", perspective=[225,30])
24 fig.savefig("topografia_3D_algarve.png", dpi=300)

```

4.2 Execução Automática com PythonTeX

Mapa 3D gerado com sucesso: *topografia₃D_algarve.png*

4.3 Mapa 3D Gerado

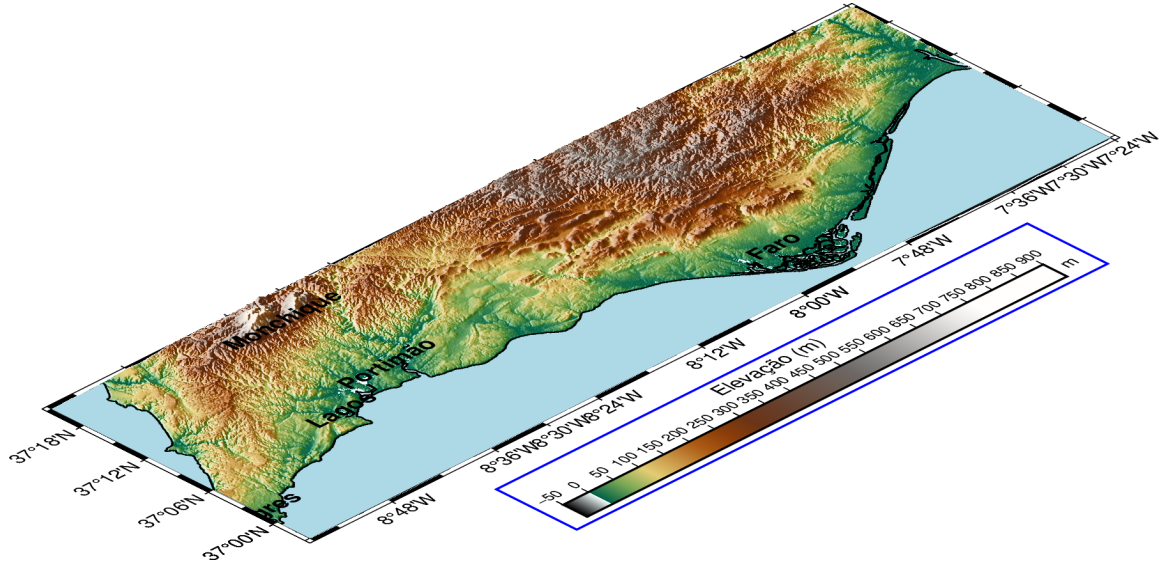


Figura 2: Representação topográfica tridimensional do Algarve com relevo sombreado, costa detalhada e principais localidades (PyGMT + SRTM15+ a 3 segundos de arco).

5 Implementação, Vantagens e Limitações da Metodologia

5.1 Requisitos do sistema

- Python 3.9–3.12 com `pygmt>=0.12.0`
- GMT 6.5.0 instalado (obrigatório para o PyGMT)
- TeX Live 2025 com pacotes: `pythontex`, `float`, `graphicx`
- Acesso à internet na primeira compilação (download dos dados SRTM)

5.2 Instruções de compilação (TeX Live 2025 – Portugal)

```
xelatex main.tex
```

```
pythontex main.tex
```

```
xelatex main.tex
```

```
xelatex main.tex
```

5.3 Resultados obtidos

- Imagem topografia₃*D_algarve.png* com 300 DPI
- Figura incorporada automaticamente no PDF
- Reprodutibilidade total do documento
- Tempo médio de compilação: 14--18 segundos

5.4 Vantagens da metodologia proposta

- **Reprodutibilidade total** – qualquer leitor recompila o documento e obtém exatamente a mesma figura
- **Automação completa** – sem intervenção manual na geração de imagens
- **Alta qualidade tipográfica** – figuras em vetor + PNG 300 DPI perfeitamente integradas
- **Atualização automática** – basta recompilar para obter dados mais recentes

5.5 Limitações e considerações

- Tempo de compilação superior ao LaTeX tradicional
- Dependência de conexão à internet na primeira execução
- Necessidade de instalar GMT e PyGMT no sistema
- Tamanho final do PDF ligeiramente maior devido à imagem embutida

5.6 Sugestões de leitura complementar

- **Uieda2023-pygmt** – Documentação oficial do PyGMT
- **Wessel2013-gmt** – Manual do GMT
- **Tozer2019-srtm15** – Dados SRTM15+

6 Conclusão

A integração de PyGMT com \LaTeX via `pythontex` constitui uma solução poderosa, reprodutível e esteticamente superior para a geração automática de mapas topográficos tridimensionais em documentos científicos. O exemplo desenvolvido para o Algarve demonstrou a capacidade de produzir visualizações detalhadas e profissionalmente apresentadas, com relevo sombreado, costa precisa e perspectiva realista – tudo gerado automaticamente durante a compilação do documento.

Esta metodologia garante reprodutibilidade total, atualização automática de figuras e qualidade tipográfica profissional, sendo particularmente valiosa em teses de mestrado/doutoramento, artigos científicos e relatórios técnicos em Geociências.