

Interpolação Batimétrica com TIN: Uma Análise da Implementação em Ambiente de Código Aberto (Python) versus Software GIS (QGIS)

**EDUARDO MATIELO MORAES DA SILVA¹; LUCIANA SHIGIHARA LIMA²;
RAFAEL ULGHIM FERRARI EHLERT²; ALINE MACHADO SIMÕES²; GILBERTO
LOGUERCIO COLLARES³**

¹Universidade Federal de Pelotas – eduardomatielomoraes@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – lushilima@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – ferrari.rafael.rf@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – alinehsimoes@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – gilbertocollares@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A batimetria, definida como a ciência que estuda a topografia do fundo de corpos hídricos, desempenha papel fundamental no monitoramento ambiental, na gestão de recursos hídricos e em aplicações de engenharia costeira e fluvial (WOLF; GAWN, 2021). O avanço das tecnologias de geoprocessamento tem permitido que dados batimétricos sejam analisados com maior eficiência, utilizando métodos de interpolação espacial capazes de gerar superfícies contínuas a partir de pontos amostrais. Entre esses métodos, o *Triangulated Irregular Network* (TIN) tem se destacado por sua simplicidade e pela capacidade de representar superfícies de forma fiel em relação à distribuição dos pontos medidos (BURROUGH; MCDONNELL, 1998; QGIS, 2024).

No âmbito das geotecnologias, diferentes ferramentas possibilitam a aplicação da interpolação TIN. O software QGIS oferece uma solução amplamente utilizada, especialmente pela sua interface gráfica acessível e pela facilidade de integração com bases cartográficas (QGIS, 2024). Por outro lado, linguagens de programação como o Python vêm ganhando espaço por possibilitar fluxos automatizados e reprodutíveis, capazes de reduzir a dependência de processos manuais (OLAYA, 2020). Assim, o presente estudo tem como objetivo comparar a interpolação TIN realizada no QGIS com a sua implementação em Python, podendo assim avaliar suas – ou não – semelhanças.

2. METODOLOGIA

A base de dados utilizada neste trabalho consiste em um levantamento hidrográfico realizado no Canal São Gonçalo, no ano de 2022, onde foram obtidos pontos batimétricos e organizados em uma planilha contendo as informações de coordenadas geográficas *Easting* e *Northing*, no formato UTM (*Universal Transversa de Mercator*), bem como a coluna de *Original Depth*, correspondendo à profundidade em metros de cada ponto. Previamente à aplicação dos métodos de interpolação, os dados foram submetidos a um pré-processamento no qual foram eliminados valores inconsistentes com a realidade e em seguida, foram carregados no ambiente Python para utilização na aplicação dos métodos de interpolação.

O primeiro método adotado, e utilizado como fim de comparação, foi a Interpolação TIN (*Triangulated Irregular Network*), implementada no software livre QGIS gerando um vetor de polígonos triangulares que conectam os pontos amostrais entre si, criando uma superfície contínua. Para facilitar a visualização, a

Malha de Triângulos (TIN) foi convertida para raster, gerando um mapa contorno de profundidade.

Na sequência, foi implementada a interpolação em ambiente Python através do editor de código *Visual Studio Code* (Vs Code), com o objetivo de automatizar a dinâmica de trabalho. O script desenvolvido realiza automaticamente através das bibliotecas (Pandas, NumPy, PyKrig, GeoPandas e Matplotlib) a leitura da planilha de dados, a criação da grade de interpolação, a aplicação do método TIN, a exportação dos resultados em formato Excel e a geração dos mapas em formato PNG. Também realizou-se uma padronização de sistema de referência que foi aplicada ao shapefile da área de estudo, que foi reprojetado para o sistema SIRGAS 2000 / UTM zona 22S (EPSG:31982), garantindo a compatibilidade com as coordenadas Northing e Easting.

A interpolação TIN em Python foi realizada utilizando a função *LinearNDInterpolator*, que gera como resultado uma superfície contínua a partir de uma triangulação irregular dos pontos, realizando uma interpolação linear dentro de cada triângulo, afim de gerar os mapas finais como resultado. A partir disso, foram gerados dois tipos de mapas: (i) Mapa de Contorno, mostrando a distribuição espacial dos pontos interpolados, e (ii) Rede de Triângulos, que representa graficamente a triangulação entre os pontos utilizada pelo método TIN. Além disso, os resultados interpolados foram exportados para um arquivo Excel, contendo tanto os dados originais de entrada, quanto os interpolados, permitindo a correlação entre eles.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do método TIN utilizando Python gerou três produtos principais: um mapa de contorno de profundidade, representando a distribuição interpolada dos pontos; um mapa da rede de triângulos, que coloca em evidência a malha de triangulação irregular gerada pelo código; e um arquivo Excel com o registro dos dados originais de entrada e dos dados interpolados, permitindo uma posterior análise mais aprofundada, para o presente estudo será utilizado o mapa de contorno de profundidade.

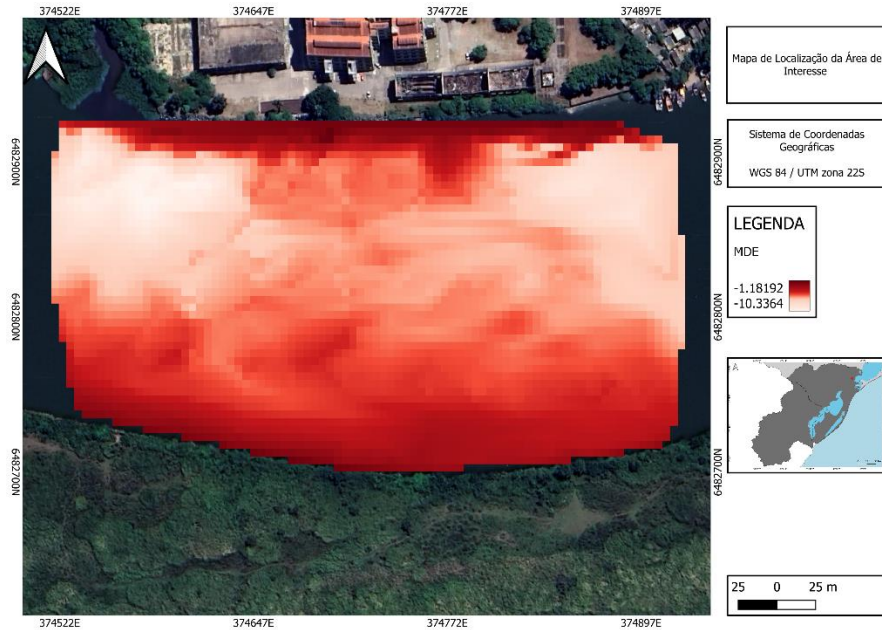
No QGIS, o método de interpolação TIN também gera dois produtos finais: um raster com os valores já interpolados e uma camada vetorial com as linhas de triangulação. Essa característica garante que os resultados obtidos no ambiente Python sejam comparáveis aos do QGIS, tanto em estrutura quanto em finalidade (QGIS, 2024).

A essência do método TIN, em ambos ambientes, tende a gerar superfícies com aparência “serrilhada”, por consequência do uso da triangulação irregular baseada em Delauney. Como apontado na própria documentação do QGIS, as superfícies resultantes não são suaves e podem apresentar uma aparência denteada, pois a interpolação TIN utiliza pontos de amostra para criar uma superfície formada por triângulos de pontos vizinhos mais próximos. Tal característica foi claramente observada nos mapas produzidos neste estudo, reforçando a fidelidade da aplicação com Python.

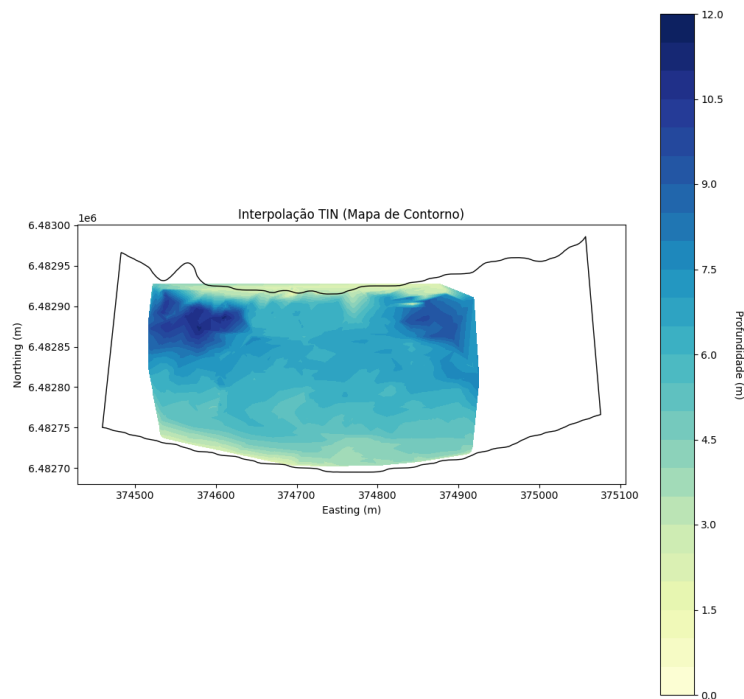
Do ponto de vista comparativo, os resultados obtidos demonstram semelhança estrutural entre as duas plataformas. No Python, o mapa de contorno apresentou equivalência visual e conceitual com o raster e a camada vetorial gerados pelo QGIS, conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1 - Mapas gerados (A) QGIS, (B) Python

A



B



Contudo, há diferenças na experiência do usuário: enquanto o QGIS oferece um ambiente mais intuitivo e acessível, adequado para profissionais que preferem manipulação gráfica, a implementação em Python apresenta vantagens em termos de automação e reprodutibilidade. Isso significa que análises repetitivas ou aplicadas a grandes áreas podem ser conduzidas de maneira mais eficiente em Python, enquanto o QGIS continua sendo uma solução prática para análises pontuais.

4. CONCLUSÕES

Em síntese, os resultados obtidos confirmam a robustez do método TIN e sua consistência entre diferentes plataformas. A combinação dos mapas de contorno, da rede de triângulos e do banco de dados tabular se mostrou adequada tanto para visualização quanto para análise quantitativa, destacando que a escolha entre QGIS e Python deve ser pautada principalmente pela familiaridade do usuário com as ferramentas e pelos objetivos da pesquisa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

OLAYA, V. *A gentle introduction to GIS using QGIS*. Disponível em: https://docs.qgis.org/latest/en/docs/gentle_gis_introduction/. Acesso em: 29 ago. 2025.

QGIS. *Interpolation — QGIS Documentation*. 2024. Disponível em: https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/interpolation.html. Acesso em: 29 ago. 2025.

WOLF, H.; GAWN, J. *Bathymetry and Hydrographic Surveying*. London: Springer, 2021.