Surface Water Storage - Um plugin do QGIS para o estudo de reservatórios

João Vitor Pimenta[1], Samara Calçado de Azevedo [1]

[1]Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá–MG, 37500-903, jvpjoaopimenta@gmail; samara_calcado@unifei.edu.br

Resumo

O monitoramento do volume de reservatórios é uma atividade necessária para diversos fins, como na geração de energia, análise de sedimentação, piscicultura e contenção de eventos extremos. Neste estudo, o plugin Water Surface Storage é apresentado e sua criação motivada pela construção de ferramentas para monitoramento de reservatórios. As ferramentas do plugin permitem a criação de áreas inundadas e do gráfico cota-área-volume (CAV) de uma maneira simplificada. Para a validação dos resultados obtidos através do plugin, foram utilizadas como referência os volumes da base de dados da ANA para o açude Anagé e feito o cálculo do índice de acurácia, os volumes na mesma cota calculados pelo plugin e os da base de dados da ANA não apresentam diferença significativa, mostrando que o cálculo do plugin se adequou bem à referência. Para a cota e a área não foi necessário a validação, tendo em vista que eles são determinados diretamente pela curva hipsométrica. Portanto, o plugin se mostrou útil e uma ferramenta de fácil utilização, tendo um uso amplo e podendo ser utilizado em diversas situações reais que envolvam reservatórios.

Palavras-chave — SIG, QGIS, Plugin, Reservatório, Inundação

Abstract

Monitoring the volume of reservoirs is a necessary activity for various purposes, such as energy generation, sedimentation analysis, fish farming and containment of extreme events. In this study, the Water Surface Storage plugin is presented and its creation is motivated by the construction of tools for monitoring reservoirs. The plugin's tools allow the creation of inundation areas and the area-volume-elevation (AVE) graph in a simplified way. To validate the results obtained through the plugin, the volumes from the ANA database for the Anagé dam were used as a reference and the accuracy index was calculated, the volumes at the same elevation calculated by the plugin and those from the ANA database ANA do not present a significant difference, showing that the plugin's calculation was well suited to the reference. For the elevation and area, validation was not necessary, considering that they are determined directly by the hypsometric curve. Therefore, the plugin proved to be useful and an easy-to-use tool, having wide use and being able to be used in several real situations involving reservoirs.

Key words — *GIS, QGIS, Plugin, Reservoir, Flood, Inundation.*

1. INTRODUÇÃO

O progresso do sensoriamento remoto em estudos envolvendo balanços hídricos está principalmente relacionado ao uso de sensores de satélite para estimar variáveis, como o armazenamento de águas superficiais em lagos, áreas alagadas e reservatórios artificiais, que constituem o maior armazenamento global de água doce líquida na superfície [1]. Além disso, estudo e análise de características geométricas como cota, área e volume é de fundamental importância para a avaliação da disponibilidade hídrica dos reservatórios [2]. Uma das grandes vantagens do uso do sensoriamento remoto é a visão sinóptica em uma ampla faixa espectral que o recurso oferece, o qual permite estudos dos possíveis impactos das áreas de reservatório.

Nesse contexto, uma ferramenta para o cálculo e poligonização da área inundada e que relaciona as características geométricas do reservatório é uma alta demanda para os usuários do QGIS, que não possuem uma ferramenta específica para isso. Para abordar essas questões, desenvolveu-se o plugin Water Surface Storage utilizando a linguagem de programação Python.

O plugin pode ser utilizado para diversos objetivos que envolvem reservatórios, como para abastecimento humano e criação de animais, geração de energia, eventos extremos, piscicultura, monitoramento, gestão e segurança de barragens. Por exemplo, a Resolução Conjunta ANA/ANEEL 03/2010 [3] determinou a atualização da curva cota-área-volume para reservatórios ao completar 10 anos em operação de Usinas Hidrelétricas. Essa atualização possibilitou verificar a diferença entre como o reservatório se comporta com a sedimentação do fundo (curva atualizada) e sem a sedimentação (curva na construção do reservatório). Dessa forma, essa é mais uma das situações onde o plugin pode ser empregado, possibilitando a geração da curva Cota-Área-Volume (CAV) rapidamente.

O objetivo do desenvolvimento do plugin se deu por observar uma necessidade de ferramentas de fácil utilização nos estudos de monitoramento de reservatórios, prezando pela simplicidade e tornar a experiência do usuário mais agradável, incentivando assim, seu uso por pessoas que não são, necessariamente, especialistas na área de Hidrologia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 QGIS e bibliotecas utilizadas

O "Quantum Geographic Information System" ou QGIS é um software de geoprocessamento de código aberto, que possui a licença "GNU Free Documentation License". Um software de código aberto abre muitas possibilidades, como a de implementação, atualização e melhoria promovida pela própria comunidade que utiliza o software, e portanto, está em constante mudança. O QGIS é programado em C++ mas permite a utilização da linguagem Python para uma melhor eficácia e rapidez no desenvolvimento de novas ferramentas.

Para o desenvolvimento do Plugin foi utilizado como framework as bibliotecas do QGIS [4], GDAL [5], Numpy [6], Scipy [7] e Plotly [8]. O plugin foi desenvolvido na linguagem Python e para o auxílio na construção da interface do plugin foi utilizado o Plugin Builder [9].

A biblioteca do QGIS foi utilizada para a geração da curva hipsométrica e na maior parte do processamento dos dados geográficos.

A biblioteca GDAL "Geospatial Data Abstraction Library" é uma biblioteca para interpretar dados raster e vetoriais, sendo utilizada no plugin para o recorte de imagens a partir de uma camada de máscara e para poligonizar dados raster.

A biblioteca Numpy foi utilizada para interpretar e manipular dados numéricos, foi escolhida a biblioteca Numpy em prol do pequeno volume de dados gerado pelo plugin.

Foi utilizado a biblioteca Scipy para os cálculos matemáticos, como a interpolação e a integração dos dados.

A biblioteca Plotly foi utilizada para a demonstração gráfica dos dados, sendo optada por permitir a interatividade do usuário com o gráfico gerado.

2.3 Instalação

Para a instalação correta do plugin, é necessário primeiramente baixar os arquivos no repositório: https://github.com/JoaoVitorPimenta/qgis-plugin-surface-water-storage. Com o QGIS instalado, no mínimo na versão 3.28, ir na aba "Complementos", depois em "Gerenciar e Instalar Complementos", acessar a aba "Instalar a partir do ZIP" e depois escolher o local que está instalado a pasta compactada do plugin e clicar em "Arquivo ZIP" ou colocar os arquivos baixados diretamente na pasta "plugins" do QGIS.

Também é possível instalar o plugin pelo repositório oficial do QGIS: https://plugins.qgis.org/plugins/surface_water_storage/ ou diretamente no QGIS, em "Complementos", depois em "Gerenciar e Instalar Complementos", selecionar "Surface Water Storage" e clicar em Instalar Complemento.

2.4 Recomendações

Para o melhor funcionamento do plugin, recomenda-se a utilização de um MDE consistente hidrológicamente, ou seja, com a filtragem ou remoção de depressões no MDE utilizado. Também é recomendado a utilização de um espaçamento vertical de 1 metro, quanto menor o espaçamento mais bem aproximado será a integração numérica, porém, mais demorado será o processamento. Ademais, para que sejam realizados os cálculos de volume e determinação das demais medidas, é necessário que os dados de entrada estejam em um SRC (Sistema de Referência de Coordenadas) projetado.

2.5 Validação dos dados

Para a validação dos resultados, utilizou-se dos dados de projeto para o reservatório Anagé, localizado no município de Anagé-Caraíbas, no estado da Bahia, que foram obtidos da base de dados da ANA [10]. Os volumes foram calculados utilizando o plugin com o mesmo espaçamento vertical dos volumes da ANA. Para a comparação foram utilizados os volumes calculados de metro em metro, e então calculado o índice de acurácia conforme demonstrado abaixo:

$$IA = \frac{(Volume\ calculado - Volume\ referência)}{Volume\ calculado}$$

2.6 Surface Water Storage

O plugin possui duas funcionalidades, denominadas: "Area-Volume-Elevation graph" e "Inundation area", como pode ser visto na Figura 1.

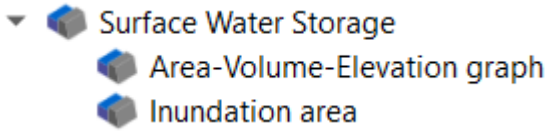


Figura 1. Plugin Surface Water Storage no QGIS Processing Toolbox.

Em "Inundation area" e em "Area-Volume-Elevation graph" utilizando o método de integração por trapézios [11] na curva hipsométrica, é calculado a curva CAV e a partir dela todo o processamento é feito. A curva CAV é feita com um polígono da área de interesse fornecido e a partir de um MDE e um espaçamento vertical. Para a criação da área inundada, além desses parâmetros, também é solicitado ao usuário uma das variáveis da curva CAV para relacionar à elevação da área inundada e gerar a área abaixo dessa elevação. Como saída, eles fornecem respectivamente o polígono da área inundada e o gráfico CAV.

3. RESULTADOS

3.1 Estudo de caso

Foi simulado um reservatório causado por uma barragem em Itajubá, MG, Brasil, na confluência do Rio Sapucaí, Rio Bicas e Rio Santo Antônio, com as coordenadas em UTM, na zona 23S, no ponto 459905, 7514077.

Foi utilizado um MDE com resolução de 30x30 metros por pixel, obtido através do TOPODATA (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil), como parâmetro foi escolhido o volume, utilizando um valor de 10 bilhões de metros cúbicos de água. Utilizando esses dados, foi calculada a área de drenagem, depois a área de inundação e o gráfico área-cota-volume para a área inundada utilizando as ferramentas do plugin.

A área de drenagem para o ponto de exutório indicado pode ser vista na Figura 2 e ela representa a topografia que irá conter a quantidade de água indicada pelo parâmetro estabelecido pelo usuário.

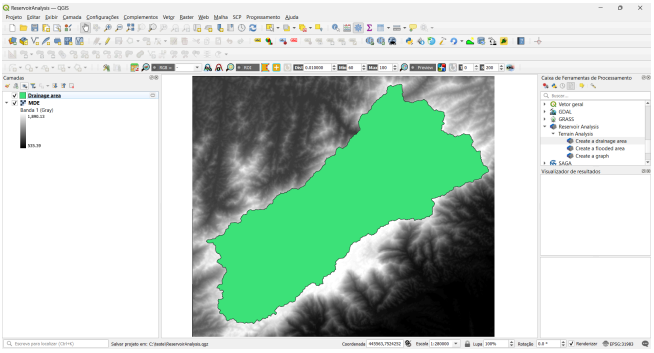


Figura 2. Polígono e MDE utilizado nas ferramentas do plugin.

A área efetivamente ocupada pela quantidade de água indicada pelo parâmetro fornecido pelo usuário, pode ser vista na Figura 3. Os dados de altura, área e volume da curva CAV podem ser vistos na Figura 4. Pela imagem é possível visualizar a área inundada por 10 bilhões de metros cúbicos de água dentro da área de drenagem.

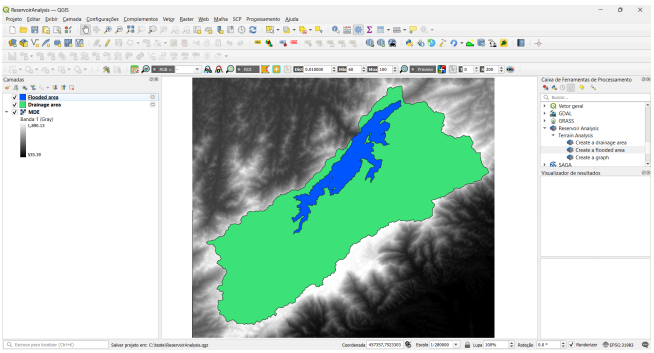


Figura 3. Resultado da ferramenta "Inundation area".

	Elevation	Height (m)	Area (m2)	Volume (m3
1	1110.69	253.89	85769258.00	10000000000.00

Figura 4. Tabela de atributos da camada de inundação gerada.

A curva CAV para a área inundada também foi gerada, como pode ser visto na Figura 3. Para visualizar a relação da área e do volume com a altura da lâmina d'água.

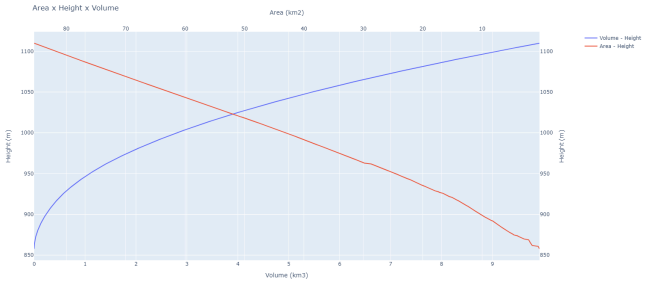


Figura 7. Resultado da ferramenta "Create a graph" para os parâmetros estabelecidos.

3.2 Validação dos dados

Foi plotado um gráfico para representar o IA por volume calculado em cada cota, sendo que as cotas foram variando de metro em metro. O IA expressa a variação do volume obtido pelo plugin proposto e o volume do reservatório real projetado, e uma maior variação é observada nas cotas iniciais devido ao método se tratar de uma integração numérica cumulativa, quanto mais pontos anteriores adquiridos melhor aproximado será a integração do volume daquela cota, após a primeira cota de 1 metro de elevação, o a variação do volume tende a 0.

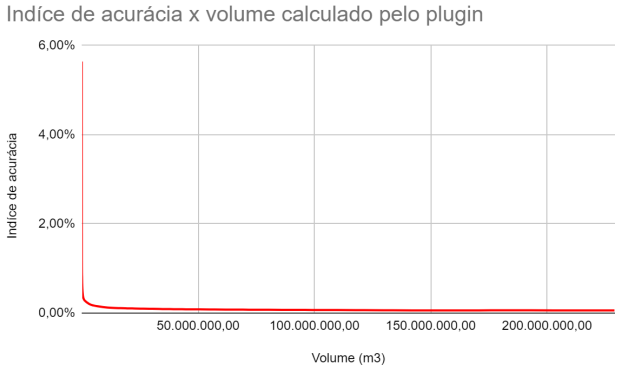


Figura 1. Gráfico comparando os índices de acurácia e os volumes medidos.

4. DISCUSSÕES

A criação da área inundada funcionou corretamente e gerou informações úteis para uma tomada de decisão, como a altura acima do nível do mar, a altura acima do ponto de exutório, a área inundada e o volume de água contido. O

resultado da validação demonstrou que o plugin corresponde bem aos volumes calculados para o reservatório Anagé. Portanto, o plugin fornece ótimos resultados se comparados à base de dados da ANA.

A ferramenta também entrega ao usuário o polígono da área inundada, com a utilização de um mapa base, permitindo ao usuário verificar os bairros, ruas ou cidades que ficariam abaixo do nível da água e com essa informação gerir melhor os impactos causados por um reservatório. No caso simulado, a construção do barramento iria inundar parte da cidade de Itajubá, Wenceslau Braz e Delfim Moreira. A altura da lâmina d'água pode ser utilizada para calcular as dimensões necessárias para que a barragem proposta permaneça estável.

A criação do gráfico também foi gerado corretamente. O QGIS possui ferramentas para a geração da curva hipsométrica mas não especificamente para a curva CAV, fazendo com que essa funcionalidade do plugin se mostre útil por trazer também as informações de volume da topografia inserida pelo usuário.

O gráfico CAV pode ser utilizado para diversos fins, pela visualização do gráfico e de como o volume e a área aumentam em relação à cota. Por exemplo, a partir de medições de vazões, é possível fazer uma estimativa do nível d'água do reservatório e como ele irá operar.

4. CONCLUSÃO

Portanto, o plugin Surface Water Storage funcionou corretamente e conseguiu com sucesso prover o QGIS de novos mecanismos de fácil utilização, para a análise de reservatórios. Algumas melhorias a serem feitas são a redução de bibliotecas externas e a criação de novas ferramentas. Tendo em vista a característica de códigos open-source, é encorajado à comunidade a sugestão para melhorias e o desenvolvimento conjunto do código.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e à comunidade do QGIS pelo apoio fornecido.

6. REFERÊNCIAS

[1] Lettenmaier, D. P., D. Alsdorf, J. Dozier, G. J. Huffman, M. Pan, and E. F. Wood (2015), Inroads of remote sensing into hydrologic science during the WRR era, Water Resour. Res., 51, 7309–7342, doi:10.1002/2015WR017616.

[2] REBOUÇAS, Jonathan Alves et al. Proposta de utilização da interface Python/ArcGIS® na elaboração da curva cota-área-volume de reservatórios. In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012.

[3] BRASIL. (2010). Resolução Conjunta Agência Nacional de Águas e Agência Nacional de Energia Elétrica, nº 03 de 10 de agosto de 2010. Brasília, DF.

[4] QGIS.org, 2024. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. http://www.qgis.org

[5] GDAL/OGR contributors (2024). GDAL/OGR Geospatial Data Abstraction software Library. Open Source Geospatial Foundation. URL https://gdal.org DOI: 10.5281/zenodo.5884351

[6] Harris, C.R., Millman, K.J., van der Walt, S.J. et al. Array programming with NumPy. Nature 585, 357–362 (2020). DOI: 10.1038/s41586-020-2649-2. (Publisher link).

[7] Virtanen, P. et al,. (2020) SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. Nature Methods, 17(3), 261-272.

[8] PLOTLY TECHNOLOGIES INC. Collaborative data science. Montréal, QC: Plotly Technologies Inc., 2015. Disponível em: https://plot.ly

[9] GEOAPT LLC. Qgis Plugin Builder. Mantido por: GSherman. 2020. Disponível em: https://github.com/g-sherman/Qgis-Plugin-Builder?tab=readme-ov-file. Acesso em: 29 out. 2024.

[10] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Dados geoespaciais de Recursos Hídricos. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/531d6615-8f9f-4fea-a7bf-a3871b5d9da7. Acesso em: 27 dez. 2024.

[11] PAVIČIĆ, Josipa et al. Application of Simpsons and trapezoidal formulas for volume calculation of subsurface structures-recommendations. In: 2nd Croatian congress on geomathematics and geological terminology. 2018. p. 15-26.