



Proposta de utilização da interface Python/ArcGIS® na elaboração da curva cota-área-volume de reservatórios

Jonathan Alves Rebouças¹, Cicero Lima de Almeida², Soraia Arruda Cipriano³, Kevin Brasil da Silva⁴,
Fernando Bezerra Lopes⁵

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - UFC. e-mail: jonalvesreboucas@bol.com.

² Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - UFC. e-mail: climaal@hotmail.com.

³ Graduanda em Engenharia Ambiental - Fanor. e-mail: soraiaacipriano@hotmail.com

⁴ Graduando em Tecnologia de Irrigação e Drenagem – IFCE – Campus Iguatu. e-mail: kevin-brazil@hotmail.com

⁵ Doutorando em Engenharia Agrícola, DENA/CCA/UFC, Fortaleza, Ceará. Bolsista da CAPES. lopesfb@yahoo.com.br

Resumo: A região semiárida brasileira tem como principal fonte de água para abastecimento da população os reservatórios, principalmente na região do semiárido cristalino que compreende cerca de 70% da região. Portanto, para que haja melhor gerenciamento dos recursos hídricos é necessário o conhecimento das características desses reservatórios. Existem alguns estudos que buscam estimar o volume desses reservatórios através das características de relevo e a área do espelho d'água. No entanto a forma correta de se obter informações sobre um reservatório é por meio da batimetria. Este estudo tem como objetivo desenvolver uma interface programacional que possa de maneira automática determinar a curva cota-área-volume (CAV) de um reservatório por meio do modelo numérico do terreno (MNT) gerado pela sua batimetria. Os resultados mostraram que a interface *Python/ArcGis*® apresentou grande aplicação na elaboração dos dados de cota-área-volume do reservatório a partir do MNT. Com isso foi possível reduzir o tempo no processo de tratamentos dos dados, para determinação de suas características mais importantes para o gerenciamento do reservatório e de sua bacia hidrográfica, por meio da curva CAV.

Palavras-chave: modelagem hidrológica, modelo numérico do terreno, sensoriamento remoto

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido pela comunidade internacional como sendo um país com grande disponibilidade de recursos hídricos. No entanto, o semiárido brasileiro, esses recursos são limitados e têm, como agravantes, a deficiente distribuição espacial das fontes hídricas e a irregularidade das chuvas, com grande recorrência de períodos de seca. Além disso, mais de 70% do semiárido brasileiro tem seu subsolo constituído por rochas cristalinas, promovendo um baixo potencial quantitativo e qualitativo de armazenamento de água subterrânea. Essas características fazem com que os desafios quanto ao uso e preservação dos recursos hídricos sejam maiores aqui que em qualquer outra região brasileira. Diante disso, desenvolveu-se uma política pública/privada de açudagem visando acumular água e perenizar rios, para garantir o abastecimento humano e animal (MOLLE; CADIER, 1992; LIMA *et al.*, 1998).

Um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2009) sobre o Nordeste indicaram mais de 17.000 espelhos d'água acima de 5 ha onde mais de 60% são reservatórios artificiais. Portanto, a observação do volume acumulado nesses reservatórios é de suma importância para estudos hidrológicos, tais como, o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica. Existem duas formas de se determinar o volume de um reservatório a direta por meio da topografia (batimetria) e a indireta por meio de equações matemática que associam parâmetros do relevo com a área do espelho d'água para estimar o volume. Entre métodos indiretos mais conhecidos tem-se a equação de Molle (MOLLE; CADIER, 1992).

O uso do sensoriamento remoto nas últimas décadas tem facilitado o gerenciamento de recursos naturais, se mostrando especialmente úteis no mapeamento de grandes áreas e em sua análise temporal, permitindo o acompanhamento da evolução de cenários ambientais ao longo de um determinado período de tempo (AZEVEDO, 2007; CARVALHO *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2009). As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica - SIG permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar



bancos de dados geo-referenciados. Torna ainda possível automatizar a produção de documentos para a análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional.

Mesmo com o uso do sensoriamento remoto a determinação mais próxima que podemos chegar, sobre as características de um reservatório é através da batimetria. Sendo um processo que demanda tempo e recursos, tanto na fase de coleta de dados como na fase de tratamentos, para a elaboração da curva cota-área-volume (CAV).

A Linguagem *Python* é uma linguagem totalmente orientada ao objeto (OO). Ela é uma linguagem dinâmica, prática e poderosa. Muitos estudos em hidrologia e em diversas áreas do conhecimento já a utilizam como ferramenta mãe em suas pesquisas (DALCIN *et al.*, 2011; MATOTT *et al.*, 2011). Sua interface com produtos como o *ArcGIS*® possibilita uma profunda análise e avanço no que tange a estudos envolvendo geoprocessamento (ROBERTS *et al.*, 2010).

Este trabalho tem como objetivo automatizar a determinação da curva cota-área-volume (CAV) de um reservatório a partir de um Modelo Numérico do Terreno (MNT), usando a interface de programação *Python/ArcGIS*®.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para esse estudo foram utilizados os dados de batimetria de um reservatório de uso agrícola localizado no município de Quixeramobim-CE (Figura 1). Esse açude possui uma área de espelho d'água máximo de 87,7 ha e um volume máximo de cerca de 5,6 milhões de metros cúbicos. O tratamento dos dados foi realizado com o auxílio da interface *Python/ArcGIS*®. Já a confecção do “arcscrip” foi utilizada a plataforma de desenvolvimento *PythonWin*.

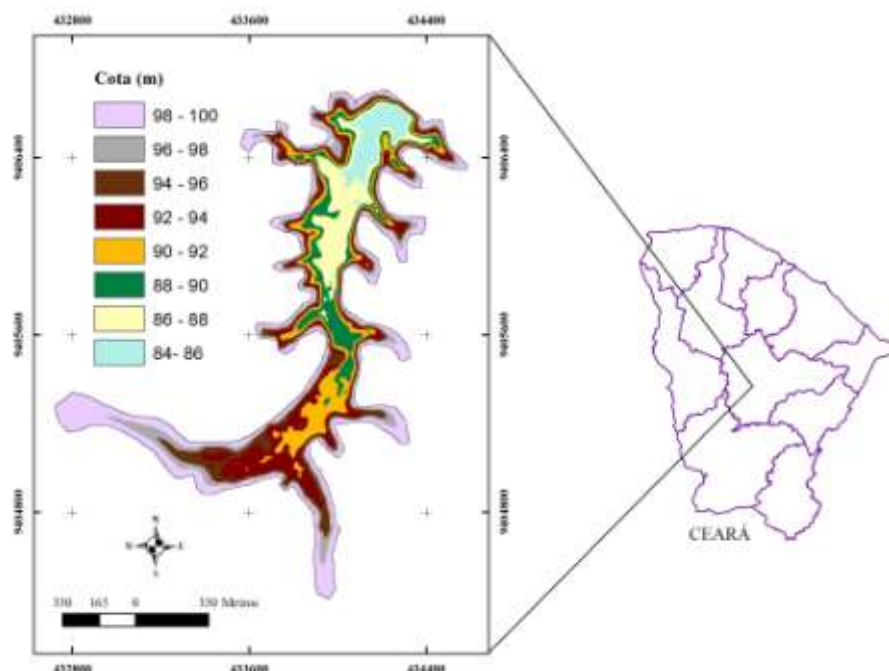


Figura 1 - Localização do açude utilizado para validação do script.

Inicialmente foi gerado um arquivo raster de curvas de nível para a malha de pontos obtidos através da batimetria no reservatório. Esse processo foi feito sem auxílio de script no software *ArcGIS*®. Para a interpolação dos dados foi usada a ferramenta “topo to raster”. A utilização da interface *Python/ArcGIS*® foi utilizada para a confecção de um script que tem como objetivo a obtenção dos dados para a montagem da curva cota-área-volume (CAV) do reservatório. Esses dados ficam armazenados em um arquivo do tipo (.txt).

O script criado na linguagem *Python* inicia com o carregamento das bibliotecas através da declaração “import”. Essas bibliotecas são inicialmente carregadas para a utilização da interface



Python/ArcGIS[®], na qual a mais importante é a “arcgisscripting”. As entradas no console de ferramentas do software *ArcGIS*[®] são do tipo “string” sendo necessário o carregamento da biblioteca com esse suporte. As demais bibliotecas foram carregadas para geração de listas e cálculos numéricos.

Sendo a linguagem Python do tipo orientada ao objeto (OO), para se trabalhar com as ferramentas de geoprocessamento é necessário criar um objeto “geoprocessador” que carregue as caixas de ferramentas e acione os comandos do software. Esse objeto foi chamado de “gp”. Antes de partir para a geração do arquivo com os dados da curva CAV foi carregada a ferramenta “Data Management Tools” para a obtenção dos pontos extremos do arquivo raster. Como as entradas nas ferramentas do software são caracteres é necessário sempre especificar o local de origem do arquivo de entrada entre aspas. Para comodidade de futuros usuários do script o número de elementos que irá compor a curva CAV foi deixando em aberto, ressaltando que o objeto “elementos” corresponde ao número que será plotado menos 1.

Após serem calculados os pontos extremos do raster eles são armazenados nos objetos “mínimo” e “máximo”. Devido a procedimentos internos da própria linguagem, no que tange aos pontos flutuantes, resolveu-se colocar “manualmente” o valor mínimo do raster no final do arquivo (.txt). Para esse procedimento o objeto “mínimo” foi armazenado em outro objeto chamado “minimoorig”. O objeto primitivo que contém o menor valor de cota do raster foi arredondado para cima, perdendo seu posto de menor cota. O objeto que contém o valor da diferença entre os dados de cota foi chamado de “passo”. O “passo” é igual ao quociente da diferença entre o valor da cota máxima e da cota mínima, já arredondada, com o objeto “elementos” subtraído de 1. Algo que não pode ser esquecido é a verificação se as extensões necessárias para o uso das ferramentas estão ou não ativas.

Para a montagem da curva CAV é necessário a ativação da extensão “3D”. No *ArcGIS*[®] a ferramenta que calcula o volume de um modelo numérico de terreno (MNT) é o “surface volume”. Essa ferramenta estabelece um plano de referência e faz a integração do volume entre esse plano de referência e a superfície do MNT. Para carregar essa ferramenta o script carrega a caixa de ferramentas “3D Analyst Tools”. Os parâmetros de entrada da ferramenta “surface volume” são: (i) o raster contendo as curvas de nível; (ii) a localização do arquivo de saída com os dados de CAV; (iii) o plano de referência para a integração, que no caso do volume do reservatório é considerado “BELOW”; (iv) a altura do plano de referência para a integração e fator de conversão de unidade, que foi considerado “1”. As alturas do plano de referência foram geradas através do comando “numpy.arange().tolist()”. Esse comando gera uma lista de números do tipo “float”, tendo como menor elemento o mínimo valor estabelecido no intervalo e como maior elemento o máximo valor estabelecido para o intervalo subtraído do passo escolhido. Essa lista foi atribuída ao objeto “x”. Para que os dados estejam em ordem decrescente foi aplicado ao objeto “x” o comando “reverse()”. Para fechar o arquivo (.txt), como foi dito anteriormente, acrescentou-se no final o valor mínimo sem arredondamento e calculou-se suas variáveis de saída (Quadro 1).

Quadro 1 - Código fonte do script para determinação da curva cota-área-volume (CAV)

```
# -----  
# Script para confecção de curva Cota x Área x Volume (CAV)  
# Autor: Jonathan Alves Rebouças  
# -----  
#Carregamento de módulos  
#-----  
import sys, string, os, arcgisscripting  
import numpy, math # Bibliotecas numéricas  
#-----  
# Criação de Objeto geoprocessador  
#-----  
gp = arcgisscripting.create( )  
#-----  
# Carregamento das ferramentas do ArcGIS  
# A localização dessa ferramenta é ilustrativa. Podem haver diferenças no diretório de origem..
```



```

#-----
gp.AddToolbox("C:/Program Files (x86)/ArcGIS/ArcToolbox/Toolboxes/Data Management Tools.tbx")
gp.AddToolbox("C:/Program Files (x86)/ArcGIS/ArcToolbox/Toolboxes/3D Analyst Tools.tbx")
#-----
# Carregamento dos parâmetros de entrada
#-----
Input_raster = Raster_Layer = " " # Dentro das aspas deve conter a localização do raster.
Output_Text_File = " " # Dentro das aspas deve conter a localização do arquivo de saída seguido da extensão.
elementos = 15. # Número de cotas menos 1 que serão plotadas na curva CAV
#-----
# Obtenção dos valores extremos do raster
#-----
maximo = gp.GetRasterProperties_management(Input_raster, "MAXIMUM")
minimo = gp.GetRasterProperties_management(Input_raster, "MINIMUM")
#-----
# Arredondamento do mínimo extreme e configuração do passo
#-----
minimoorig = minimo # Fixa o mínimo original
minimo = math.ceil(minimo) # Arredonda o valor do mínimo para cima
passo = (maximo - minimo)/(elementos - 1.) # define a diferença entre os valores de cota
#-----
# Checagem de extensões externas
#-----
gp.CheckOutExtension("3D")
#-----
# Geração de lista com cotas e inversão de ordem
#-----
x = numpy.arange(minimo,maximo + passo, passo).tolist()
x.reverse()
#-----
# Montagem da curva CAV
#-----
for Plane_Height in x:
gp.SurfaceVolume_3d(Raster_Layer, Output_Text_File, "BELOW", str(Plane_Height), "1")
#-----
# Último elemento da curva CAV
#-----
gp.SurfaceVolume_3d(Raster_Layer, Output_Text_File, "BELOW", minimoorig, "1")
#-----

```

Os termos em negrito no Quadro 1 são correspondentes as palavras reservadas da linguagem. É importante ressaltar que a pasta que contém as ferramentas do software *ArcGIS*[®] podem variar de máquina para máquina. Portanto, o diretório de origem “toolboxes” mostrado no Quadro 1 é meramente ilustrativo, devendo ser adequado a máquina do usuário.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o arquivo de saída no formato (.txt) com os dados da curva CAV. Os valores gerados são do tipo numérico. O arquivo mostra sete variáveis, são elas: o raster que deu origem ao cálculo; a altura do plano de referência (cota); a orientação da integração (BELOW); a área 2D; a área 3D; e o volume. A área 2D corresponde a área da bacia hidráulica para cada ponto das cotas, enquanto a área 3D corresponde a área do polígono que forma o fundo do reservatório. A unidade de saída, para o sistema de projeção UTM, é o metro.



```

IDW.txt - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
Dataset, Plane_Height, Reference, Z_Factor, Area_2D, Area_3D, volume
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 100.00, BELOW, 1.000000, 877259.60330034, 887765.3802186, 5625711.9706347
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 98.86, BELOW, 1.000000, 730134.19017277, 739989.79334664, 4717718.8140452
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 97.71, BELOW, 1.000000, 651338.17757117, 660004.9640121, 3929432.7352587
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 96.57, BELOW, 1.000000, 587629.88774369, 594952.66660198, 3222432.6702511
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 95.43, BELOW, 1.000000, 530935.64654857, 536893.73808735, 2584041.6170734
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 94.29, BELOW, 1.000000, 466835.77439405, 471518.12326799, 2013432.5386086
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 93.14, BELOW, 1.000000, 395791.61067729, 399322.23933395, 1520025.1894969
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 92.00, BELOW, 1.000000, 320935.48321742, 323450.75138103, 1111692.2462065
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 90.86, BELOW, 1.000000, 261793.46415598, 263466.14758318, 779986.33616167
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 89.71, BELOW, 1.000000, 207372.15773419, 208398.03053649, 513419.48245597
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 88.57, BELOW, 1.000000, 161186.29941544, 161748.09617442, 302980.99424299
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 87.43, BELOW, 1.000000, 110878.80385072, 111138.85422372, 147093.75081706
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 86.29, BELOW, 1.000000, 59538.187443366, 59625.341960223, 51605.504838095
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 85.14, BELOW, 1.000000, 20062.86498332, 20076.377402285, 8153.5506491051
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 84.00, BELOW, 1.000000, 7.3912981332575, 7.3926100606721, 0.060601667230281
..o Verde_03052012\GRID\rv_Final, 83.98, BELOW, 1.000000, 3.9474436101037e-023, 3.9481381847888e-023, 7.4795396852848e-037
  
```

Figura 2 – Arquivo (.txt) gerado para o açude em estudo

Considerações a ser tomadas a respeito dos resultados obtidos. A primeira é sobre o valor de cota mínima, por se tratar da cota mais baixa do reservatório esperavam-se valores de área e de volume iguais a zero. Isso não é possível devido a forma que a linguagem trata os pontos flutuantes. Apesar desse fato pode-se considerar o resultado perfeitamente correto uma vez que não há precisão física para se trabalhar com tantas casas decimais. Portanto, pode-se considerar sem danos ao resultado, a última cota como sendo o nível mais baixo do açude e os valores de área e volume como sendo iguais a zero. Outra consideração é na montagem desse tipo de arquivo na plataforma *ArcGIS*®. Essa plataforma utiliza a linguagem estabelecida para o sistema operacional do usuário. Portanto, para um usuário brasileiro é necessário que se altere o separador decimal de vírgula para ponto. Com isso não haverá problema no manuseio de arquivos (.txt) gerados a partir dessa plataforma. Por fim, a confecção do gráfico com os dados gerados pelo script pode ser realizada da maneira que o usuário preferir. Seja dentro da própria linguagem *Python* ou através de planilha eletrônica, para análise e confecção do gráfico CAV (Figura 3).

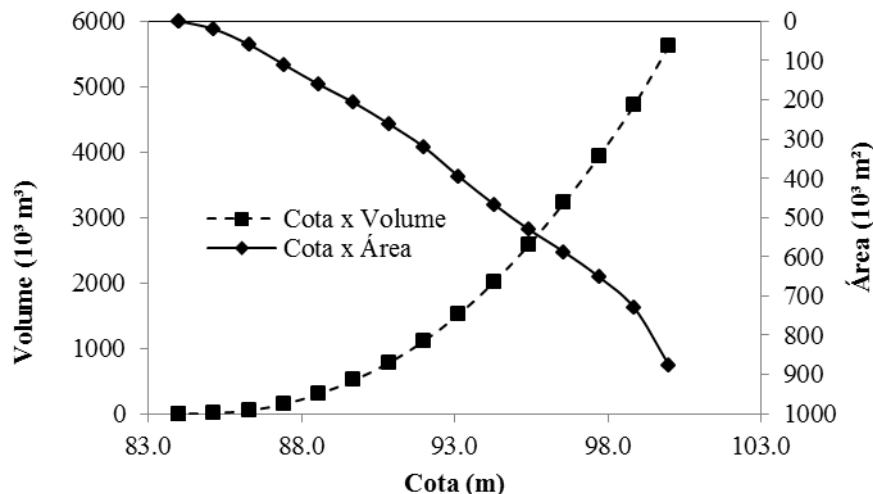


Figura 3 – Curva cota-área-volume (CAV) originada a partir dos dados gerados pelo Script.

6. CONCLUSÕES

A determinação da curva cota-área-volume por meio da interface de programação *Python/ArcGIS*® se mostrou robusta, proporcionando uma rápida e eficiente determinação da CAV a partir de um modelo digital de elevação do reservatório gerado pelo levantamento batimétrico.

Essa ferramenta apresentou grande aplicação na elaboração dos dados de cota-área-volume de reservatórios nos quais são realizados batimetrias. Agilizando o processo de tratamentos dos dados, para determinação de suas características mais importantes para seu gerenciamento a curava CAV.



REFERÊNCIAS

AZEVEDO, T. C. Utilização de imagens CBERS-2 para atualização da base cartográfica de recursos hídricos do estado do Rio Grande do Norte. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, (SBSR) 13., 2007, Florianópolis. **Anais ...** Santa Catarina: INPE, p.749-753. CD-ROM.

CARVALHO, M.S.B.S.; MARTINS, E.S.P.R.; SOARES, A.M.L.; CHAVES, L.C.G.; OLIVEIRA, F.A.J.; PERINI, D.S.; MENESCAL, R.A.; SCHERER-WARREN, M. Levantamento dos espelhos d'água acima de 20 ha em todo o território brasileiro através de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais ...** Natal: INPE, p. 1967-1974. CD-ROM.

DALCIN, L. D.; PAZ, R. R.; KLER, P. A.; COSIMO, A. Parallel distributed computing using Python. **Advances in Water Resources**, v. 34, n. 9, p. 1124–1139, 2011.

LIMA, J.R.; BARBOSA, M.P.; DANTAS NETO, J. Avaliação do incremento de açudes e sua relação com o uso do solo, através do uso de imagens TM/LANDSAT-5: estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.243-245, 1998.

MATOTT, L. S.; LEUNG, K.; SIM, J. Application of MATLAB and Python optimizers to two case studies involving groundwater flow and contaminant transport modeling. **Computers & Geosciences**, v. 37, n. 11, p. 1894–1899, 2011.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife - PE, SUDENE, 1992. 529 p.

ROBERTS, J. J.; BEST, B. D.; DUNN, D. C.; TREML, E. A.; HALPIN, P. N. Marine Geospatial Ecology Tools: An integrated framework for ecological geoprocessing with ArcGIS, Python, R, MATLAB, and C++. **Environmental Modelling & Software**, v. 25, n. 10, p. 1197–1207, 2010.

SANTOS, F.A.; SILANS, A.M.B.P.; PORTO, R.Q.; ALMEIDA, C.N. Estimativa e análise do volume dos pequenos açudes através de imagem de satélite e levantamento de campo na bacia hidrográfica do açude Sumé. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18., 2009, Campo Grande. **Anais ...** 2009. Campo Grande: ABRH, 14p. CD-ROM.