



ESTIMATIVA DO CUSTO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO EM CAXIAS DO SUL, RS

1Rossano Belladona, **2**Vinícios Turella Fiorini, **3**Volnei Dal Bosco, **4**Tiago De Vargas, **5**Luiz Alberto Vedana
1 Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) de Caxias do Sul, e-mail: rbelladona101@gmail.com; 2 SAMAE de Caxias do Sul, e-mail: vfiorini@samaecaxias.com.br; 3 SAMAE de Caxias do Sul, e-mail: vdalbosco@samaecaxias.com.br; 4 Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: tiago.devargas@ufrgs.br; 5 Universidade Federal de Sergipe (UFS), e-mail: luizvedana@gmail.com

Palavras-chave: Barragem; Rede adutora; Desapropriação.

Introdução

O sistema de abastecimento público de água é composto por um conjunto de unidades que englobam a captação, o tratamento da água e a sua distribuição. Os custos de capital e operação do tratamento de água são determinados pela escolha da tecnologia de tratamento (Belladona 2023), enquanto os custos de distribuição estão associados à redução da perda de carga nas redes (diâmetro das tubulações) e à pavimentação (Galdi et al. 2022). Os custos relacionados à captação de água superficial estão ligados ao ambiente natural: ao manancial. A distância do recurso hídrico até a estação de tratamento de água (ETA), a capacidade do manancial em atender à demanda urbana, a geomorfologia local e as desapropriações de terra para a instalação dos equipamentos necessários são fatores que precisam ser avaliados para estimar os custos da captação. Este estudo tem como objetivo estimar o custo da captação de água de um novo manancial para o abastecimento público de Caxias do Sul, RS. Para tanto, será analisada a construção de um futuro reservatório gerado a partir do barramento do arroio Mulada. Além disso, será estimado o custo da estação de bombeamento da água bruta (EBAB) e da rede adutora até a ETA denominada Morro Alegre. Adicionalmente, o custo de desapropriações de terra, devido à formação do lago e sua respectiva área de preservação permanente, será estimado.

Caxias do Sul (Figura 1a) situa-se no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, na região do Planalto das Araucárias, nas Unidades Geomorfológicas Planalto dos Campos Gerais e da Serra Geral (IBGE 1986), que não permitem a ocorrência de rios caudalosos no município. Atualmente, o município possui cinco mananciais destinados ao abastecimento público urbano. O arroio Mulada, apesar de atualmente não possuir barramento e suas águas não serem destinadas para o uso público urbano, é considerado reserva hídrica para a cidade e sua bacia hidrográfica é preservada pela Lei Municipal n.º 246/2005 (Caxias do Sul 2005). A bacia do arroio Mulada (Figura 1b) tem uma área de 110,62 km² e o perímetro de 53,68 km, com cotas variando entre 704 e 950 metros. Os usos e ocupação atuais do solo consistem em campo (70,28%), mata (28,07%), agricultura (0,83%), recursos hídricos (0,68%) e edificações (0,14%), evidenciando uma forte característica rural.

Material e Métodos

Estimativa do Custo de Barragem

Para a estimativa do custo das barragens, foram considerados três tipos de arranjo construtivo: barragem de terra, barragem de concreto compactado a rolo (CCR) e concreto convencional (CCV). Os custos estimados para esses tipos construtivo seguem as equações reportadas em Silveira e Cruz (2005): Equação (1) para barragens de terra, Equação (2) para CCR e Equação (3) para CCV.

$$C = 0,4417 \times H_{med}^{1,120} \quad (1)$$

$$C = 0,1040 \times H_{med}^{1,655} \quad (2)$$

$$C = 0,1398 \times H_{med}^{1,703} \quad (3)$$

Onde, C representa o custo (em milhares de dólares americanos, com base na cotação de 1997) por metro de crista e Hmed é a altura média do maciço (em metros). A altura média foi obtida calculando-se a média aritmética das alturas medidas a partir do terreno até a cota de alagamento, acrescida de 10 metros. Esse acréscimo é devido ao pressuposto de que a barragem terá 5 metros abaixo do nível atual do terreno (704 metros) e 5 metros acima da cota do vertedor (nível máximo normal do lago). Os custos foram todos corrigidos para o ano de 2024 pela inflação do dólar americano, onde foram expressos em milhões de dólares americanos [MUSD]. Para o cálculo da Hmed, foi utilizada a ferramenta Profile Tool do Software QGIS, a partir da qual foram obtidos os dados topográficos do perfil transversal do terreno junto ao exutório das bacias. O perfil topográfico do terreno na localização da futura barragem está representado na Figura 1c.

Foram considerados custos para três alturas de barragem (30, 40 e 50 metros), resultando em três lagos com áreas de alagamento e respectivas áreas de preservação permanente (APP) distintas.

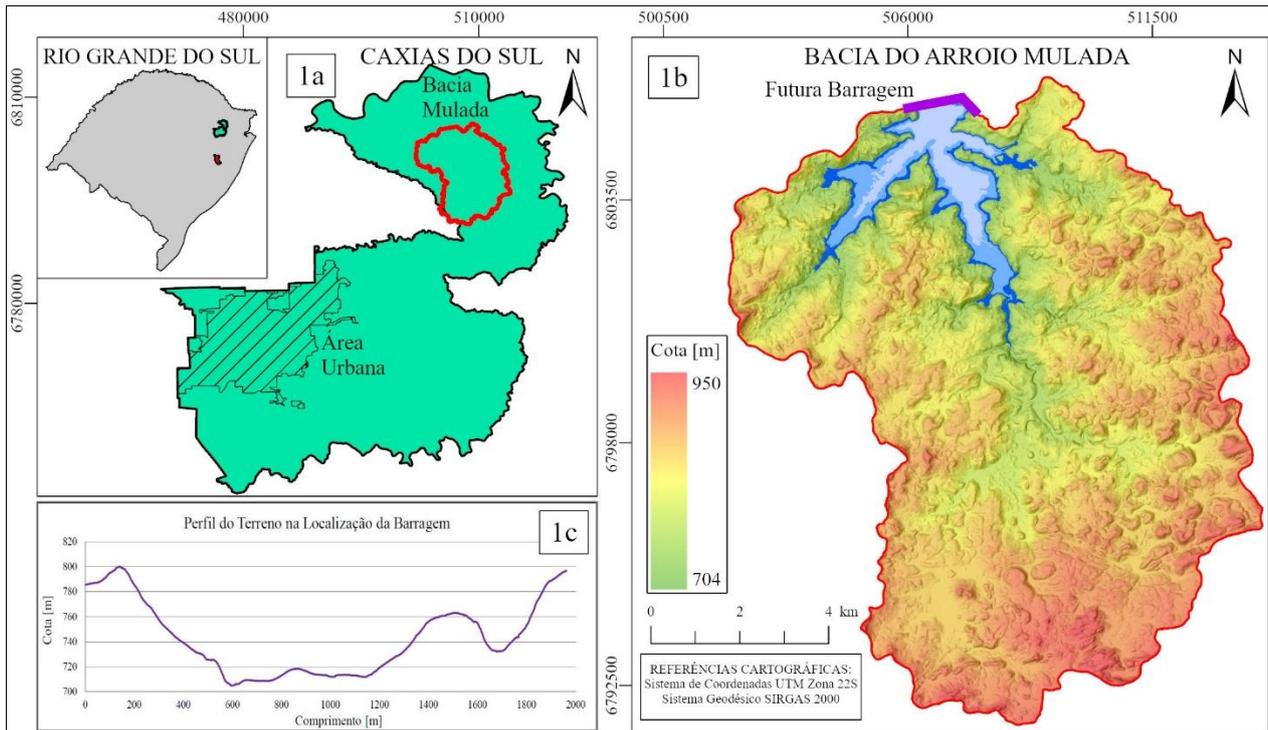


Figura 1: Localização da área de estudo.

Estimativa do Custo de Estação de Bombeamento da Água Bruta (EBAB)

Para estimar o custo da EBAB, foi utilizada como referência a metodologia proposta por (Marzouk e Omar, 2011), com os valores ajustados para o ano de 2024. O método emprega a técnica de agrupamento fuzzy, que identifica os principais componentes do custo por meio de regressão passo a passo. Os dados são calibrados e, em seguida, submetidos a uma análise de sensibilidade.

Estimativa do Custo de Rede Adutora

Nessa estimativa, foi considerada a distância de 31,2 km existente entre a EBAB e a ETA Morro Alegre. O traçado da adutora foi planejado sob vias existentes. Para a estimativa dos custos, foi considerada a adutora com diâmetro nominal de 1.000 mm conforme dimensionamento realizado utilizando a equação de Hazen-Williams. A tubulação escolhida foi a do modelo TK9 de ferro fundido, ao valor por metro linear de R\$ 2.847,52 (EMBASA 2017), sendo esse valor devidamente ajustado para o ano de 2024.

Estimativa do Custo de Desapropriação

A estimativa do custo de desapropriação tem como premissa de que toda área alagada, juntamente com sua respectiva APP, serão as áreas mínimas a serem adquiridas. Em relação a Caxias do Sul, é estipulado que os reservatórios públicos de acumulação devem possuir uma APP de 100 metros (Caxias do Sul 2005). O valor de referência utilizado para desapropriação foi de R\$ 27.500,00 por hectare (Caxias do Sul 2022), ajustado para o ano de 2024, abrangendo as áreas de boa aptidão para o cultivo agrícola.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 resume os resultados dos custos parciais e totais estimados. Os custos da EBAB e da adutora permanecem inalterados com o arranjo construtivo ou a altura da barragem, pois é assumido que, para qualquer caso, a vazão máxima a ser ofertada é de $1,54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Além disso, considera-se que a variação altimétrica entre a futura EBAB e a ETA Morro Alegre não será modificada com o tipo ou altura do barramento. No entanto, o mesmo não se aplica à área a ser desapropriada.

Os lagos formados pelo proposto barramento terão suas cotas máximas nas cotas 724, 734 e 744 metros, dependendo da altura da barragem. Cada uma dessas cotas implica no alagamento de áreas diferentes e respectivo aumento das suas APPs. Os custos de desapropriação aumentam com a elevação do nível do lago, resultando em um acréscimo de 2,63 a 6,00 MUSD na estimativa desta despesa com o empreendimento. Os valores totais para a captação de água neste manancial variam de 49,43 a 107,38 milhões de dólares, dependendo do tipo construtivo e da altura do barramento. A definição do material a ser utilizado para a obra está intrinsecamente ligada ao seu custo, assim como à disponibilidade de matéria-prima nas proximidades do canteiro de obras. Não é incomum a construção de barragens com tipos de material distintos ao longo do seu perfil longitudinal, neste caso, faz-se necessário realizar sondagens geológicas e geotécnicas no eixo do local proposto para o maciço e elaborar o projeto básico da obra, que não está dentro do escopo deste trabalho.



Tipos de barramento	Terra			CCR			CCV			
	Altura barragem [m]	30	40	50	30	40	50	30	40	50
Barragem		15,52	25,21	35,88	14,93	28,14	44,55	22,77	43,50	69,51
EBAB		2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
Adutora		29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69
Desapropriação		2,63	4,43	6,00	2,63	4,43	6,00	2,63	4,43	6,00
Total [MUSD]		50,02	61,51	73,75	49,43	64,44	82,42	57,27	79,8	107,38

Tabela 1: Estimativa dos custos [MUSD] para implantação de captação de água na bacia do arroio Mulada.

Comentários Finais

Este artigo contribui para a avaliação preliminar dos custos envolvidos em uma das etapas do sistema de abastecimento público: a captação da água superficial. Os resultados, embora estimativos, demonstram que os custos diretos da construção da estrutura para a captação são significativos, podendo superar os 100 milhões de dólares. Este estudo indica que os custos podem variar de 249 milhões até 541 milhões de reais para a nova captação no arroio Mulada, em Caxias do Sul. Esses elevados custos para a construção de uma nova fonte de captação alertam para a importância da conservação dos mananciais já explorados, para o adequado controle do uso e ocupação do solo de suas bacias hidrográficas e para uma prática de gestão da demanda pelas empresas responsáveis pelo abastecimento público.

Referências Bibliográficas

Belladonna, Rossano. 2023. "The Opportunity Cost of Watershed Conservation: The Decisions on Urban Water Supply Management." Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil.

Caxias do Sul. 2005. *Lei Complementar Nº 246, de 6 de Dezembro de 2005*. Brazil: Caxias do Sul.

Caxias do Sul. 2022. "Valor de Terra Nua Para Caxias Do Sul, RS." Retrieved May 1, 2023 (<https://caxias.rs.gov.br/servicos/receita/valor-da-terra-nua>).

EMBASA, (Empresa Baiana de Águas e Saneamento). 2017. "Tabela de Preços Para Materiais de Expansão."

Galdi, Gustavo Passos, Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis, André Luís Sotero Salustiano Martim, and José Gilberto Dalfré Filho. 2022. "Análise Comparativa Do Custo de Redes de Abastecimento de Água Em Setores Urbanos Verticais e Horizontais." *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 27(3):561-70. doi: 10.1590/s1413-415220210058.

IBGE, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 1986. *Folha SH.22 Porto Alegre: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial Da Terra*. Rio de Janeiro, Brazil.

Marzouk, Mohamed, and Magdy Omar. 2011. "Conceptual Cost Estimation of Pump Stations Projects Using Fuzzy Clustering." in *28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. Seoul, Korea.

Silveira, Geraldo Lopes da, and Jussara Cabral Cruz. 2005. *Seleção Ambiental de Barragens: Análise de Favorabilidades Ambientais Em Escala de Bacia Hidrográfica*. Santa Maria, Brazil: UFSM.