

ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE CONCRETO ARMADO APOIADO NO SOLO: CONSIDERANDO A LIGAÇÃO ENTRE A PAREDE E O FUNDO TIPO PÉ DESLIZANTE

Heidy Ramos (1); Alexandre Vargas (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)heidyramos2003@yahoo.com.br; (2)alexandrevargas@terra.com.br

RESUMO

Neste trabalho se analisa a influência da forma dos reservatórios, circular, retangular e multicelular aliada à viabilidade técnica de execução, no custo final da obra. Esta análise é feita estipulando-se um volume sob o qual foram dimensionados 3 reservatórios, 1 para cada forma adotada (retangular, circular e multicelular). Foram estabelecidas como variáveis para análise as quantidades obtidas de aço, forma, concreto, material para impermeabilização, e mão de obra para a execução. De posse desses dados, foi feito o levantamento de custos e gerado o orçamento final para a execução de cada reservatório adotado. No final é estabelecida uma relação de custos entre os reservatórios de forma circular, retangular e multicelular, tendo em conta o dimensionamento dos mesmos e as respectivas viabilidades técnicas para a sua execução.

Palavras-Chave: reservatórios; concreto armado; pé deslizante; custos.

1. INTRODUÇÃO

Reservatórios de uma forma geral têm grande importância no funcionamento adequado das cidades. Suas funções abrangem tanto a área de abastecimento de água tratada à população, quanto ao uso em estações de tratamento de água e esgotos. Entretanto, em algumas regiões de Angola, país do qual o autor é proveniente, a disponibilidade de água de boa qualidade é reduzida, devido a fatores estruturais, financeiros e políticos. Este último principalmente, já que o país foi largamente devastado por uma longa guerra civil, o que culminou num grande *déficit* de infraestrutura das cidades. Hoje, o país se encontra numa fase de reconstrução, novas cidades estão sendo construídas e as antigas reconstruídas. Sabendo-se que no final da pesquisa, será estabelecida uma relação de custos entre os reservatórios de forma circular, retangular e multicelular apoiados no solo, tendo em conta os materiais e mão de obra, espera-se poder contribuir à luz desta experiência, implementando o mesmo modelo, como referência para futuros projetos de reservatórios com características semelhantes em Angola.

De acordo com Venturini (1977, p. I-1), os reservatórios circulares, quanto à distribuição dos esforços, se comportam melhor devido às simetrias de revolução de sua superfície e dos carregamentos. Já as formas retangulares não possuem simetria de revolução, resultam em esforços maiores. Teoricamente, os reservatórios circulares demandam menor área de aço, resultando desta maneira em reservatórios mais econômicos quando comparados com os de formas retangulares. Pretende-se aqui verificar até que ponto a diferença de esforços aliada à viabilidade técnica de execução influenciam o custo final da obra, ou seja, até que ponto é viável executar um reservatório circular em vez de um retangular ou multicelular.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na fase de concepção do projeto, foram feitas pesquisas bibliográficas sobre o estudo de estruturas semelhantes já realizadas. Foram usados livros, artigos vinculados ao tema e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Softwares como *AutoCAD*, *MICROSOFT OFFICE* e suas ferramentas também foram usados. A partir de uma cidade Brasileira, em que se usou o número de habitantes como referência para o estudo, devido a sua similaridade numérica com algumas das cidades Angolanas, foi determinado o volume de água potável necessário para abastecer a cidade. Considerando a implantação do volume total em 3 etapas, se obteve o volume de projeto dos reservatórios a serem estudados. Foram dimensionados 3 reservatórios, chamados aqui de reservatório A, de forma em planta retangular, reservatório B, forma em planta circular e reservatórios C, com duas células retangulares. Nos 3 casos foram feitas as seguintes considerações: tampa dimensionada como laje articulada; ligação entre as paredes e a laje do fundo do reservatório tipo pé deslizante; a laje do fundo serviu de fundação para o reservatório, ou seja foi dimensionada como uma laje *radier*; se considerou o uso de *neoprene* como material para o pé deslizante; resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) 30MPa; módulo de elasticidade secante (E) 26071,60MPa; peso específico do concreto 25KN/m³; coeficiente de Poisson (ν) 0,2; aço CA-50; peso específico da água 10KN/m³; foi considerada uma espessura de 10cm de argila expandida, peso específico 5KN/m³, na tampa do reservatório a ser usado como isolante térmico; espaçamento máximo (s) entre as barras da armadura 20cm; diâmetro máximo das armaduras limitado em $\Phi_{max} \leq h / 8$.

3. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE PROJETO

Foi adotada a população da cidade de Meleiro como referencia para o estudo, 7.002 habitantes. O consumo diário por habitante (C) foi de 150 litros por dia.

$$V_{hab} = C \cdot N_{hab} \quad \text{equação (1)}$$

Sendo V_{hab} o volume consumido por habitante em um dia;

N_{hab} : número de habitantes;

$$V_{hab} = 150 \cdot 7.002 = 1.050.300 \text{ l/dia.}$$

A vazão diária é dada pela expressão:

$$Q_S = \frac{V_{hab} \cdot K_1 \cdot K_2}{86400} \quad \text{equação (2)}$$

Onde K_1 e K_2 são coeficientes de variação diária e variação de horário, valendo 1,4 e 1,5 respectivamente e Q_S a vazão.

$$Q_S = \frac{1.050.300 \cdot 1,4 \cdot 1,5}{86400} = 25,528 \text{ l/s.}$$

Portanto, o volume para a vazão de um dia será:

$$V = t \cdot Q_S = 86400 \cdot 25,528 = 2.205.630 \text{ l ou } 2.205,63 \text{ m}^3 \quad \text{equação (3)}$$

Sendo, tempo (t) para um dia dado em segundos.

Pretende-se efetuar a implementação do volume total em 3 etapas, isto resulta num volume de projeto de 750 m³.

4. RESERVATÓRIO A: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Possui 30,00m de comprimento, 5,00m de largura e 5,00m de altura (medidas internas). A laje da tampa, fundo e paredes possuem espessura de 25cm. O cobrimento nominal (C) 3,5cm, considerando em média uma armadura de diâmetro 10,0mm, a altura útil (d) vale 21cm.

4.1. DIMENSIONAMENTO

São apresentadas as ações consideradas para o projeto, seus respectivos cálculos e esforços gerados na estrutura e as respectivas áreas de aço.

Tabela 1: Ações atuantes.

Reser. A	Peso próprio	Revestimento e enchimento	Sobre Carga	Argila expandida	Carga Hidr.
	(KN/m ²)	(KN/m ²)	(KN/m ²)	(KN/m ²)	(KN/m ²)
Tampa	6,25	0,5	0,5	0,5	
Paredes					50

Ações atuantes na laje do fundo: considera-se a reação exercida pelo solo na base do reservatório orientada de baixo para cima:

$$R = [(30,50 \cdot 5,50 \cdot 5,50 - 30 \cdot 5 \cdot 5) \cdot 25] / (30,50 \cdot 5,50) + 7,75 = 33,48 \text{KN/m}^2.$$

A tampa, paredes e fundo foram dimensionadas como lajes maciças pelo processo de cálculo de placas. As paredes foram consideradas engastadas nas laterais e livres em cima e em baixo.

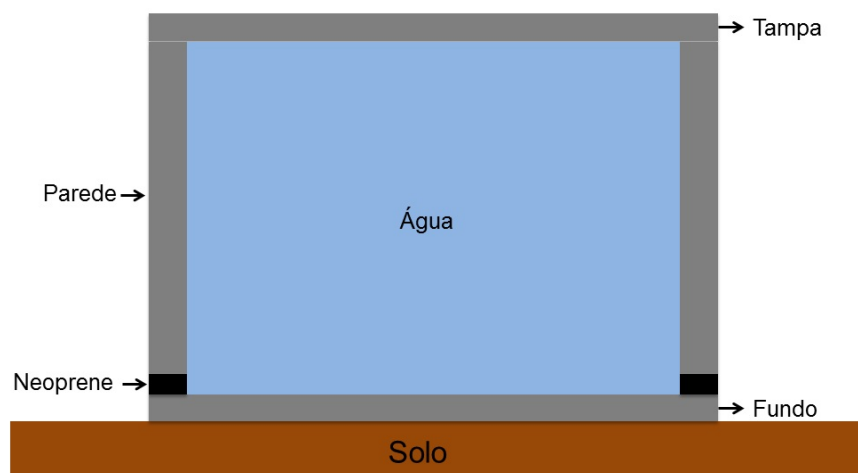


Figura 1: Corte ilustrativo dos reservatórios.

Os momentos fletores, e as áreas de aço foram dados pelas equações apresentadas assegurar:

$$m = \frac{q \cdot l^2}{8} \quad \text{equação (4)}$$

Onde q é a carga aplicada, l o vão e m o momento fletor para lajes armadas em um direção.

$$m = \frac{\alpha \cdot p \cdot l^2}{100} \quad \text{equação (5)}$$

Onde p é a carga aplicada, l o vão, α valor constante obtido das tabelas de PINHEIRO (2010), adaptadas de BARES (1972), e m o momento fletor para lajes armadas em duas direções.

$$A_S = \frac{M_d \cdot K_S}{d} \quad \text{equação (6)}$$

$$K_C = \frac{b \cdot d^2}{M_d} \quad \text{equação (7)}$$

Sendo A_S a área de aço, M_d o momento fletor de projeto, K_S o valor constante tabelado resultante de uma combinação entre o f_{ck} e K_C , obtido das tabelas de PINHEIRO (2010), b igual a 100cm e d altura útil.

A armadura mínima usada foi de acordo com o item 19.3.3.2 da NBR 6118:2003, em que se especifica armadura mínima para seção retangular e f_{ck} de 30Mpa:

$$A_{Smin} = \frac{0,1159 \cdot 100 \cdot h}{100} \quad \text{equação (8)}$$

Para lajes armadas em duas direções.

$$A_{Smin} = \frac{0,173 \cdot 100 \cdot h}{100} \quad \text{equação (9)}$$

para lajes armada em uma direção. Onde h é a espessura da laje. Nas lajes armadas em um direção, a quantidade de armadura de distribuição usada foi de 20% da armadura principal quando maior que $0,9\text{cm}^2/\text{m}$.

Tabela 2 - Reservatório A, esforços e áreas de aço.

Reser. A Mom.	Tampa		Parede Maior			Parede Menor			Fundo	
	Mxd	Myd	Mxd	Myd	My'd	Mxd	Myd	My'd	Mxd	Myd
KNm/m	37.38	9.45	123.67	34.73	118.09	29.13	31.26	72.35	161.47	40.82
Asmin (cm^2/m)	4.33	0.90	4.33	4.33	4.33	2.90	2.90	2.90	4.33	0.90
Ascal (cm^2/m)	4.27	0.85	14.72	3.97	14.06	3.19	3.42	8.27	20.00	4.00
Asadot (cm^2/m)	4.33	0.90	14.72	4.33	14.06	3.19	3.42	14.06	20.00	4.00
Φ (mm)	8.00	6.30	12.50	8.00	12.50	6.30	6.30	12.50	16.00	8.00
s (cm)	10.00	20.00	8.00	10.00	8.00	8.00	8.00	8.00	10.00	12.00

4.2. VERIFICAÇÃO DA FLECHA

A flecha elástica para carga total na tampa e paredes do reservatório foi dada pela

$$\text{equação: } a = \frac{p \cdot l^4 \cdot \alpha}{E \cdot h^3 \cdot 100} \quad \text{equação (10)}$$

onde p é a carga aplicada, l o menor vão, E o módulo de elasticidade secante, h a espessura da laje e α coeficiente tabelado.

Tabela 3 - Reservatório A, verificação da flecha.

Reser. A	Tampa	Parede Maior	Parede Menor
lx (cm)	525	525	525

q	f calc	f lim	f calc	f lim	f calc	f lim
Flecha (mm)	0.02	21.00	7.30	21.00	1.07	21.00

A flecha calculada foi comparada com a flecha limite estabelecida pela NBR 6118: 2003, e conforme a tabela acima os valores ficaram abaixo do limite estabelecido.

4.3. VERIFICAÇÃO DA ABERTURA DE FISSURAS

Foi verificada a abertura de fissuras conforme o item 17.3.3.2 da NBR 6118:2003, nas paredes do reservatório e comparada ao valor máximo estipulado para fissuras¹ em reservatório destinado ao armazenamento de água: 0,15mm.

$$w_{k1} = \Phi_i / (12,5 \cdot \eta_i) \cdot (\sigma_{si} \cdot 3 \cdot \sigma_{si}) / (E_{si} \cdot f_{ct,m}) \quad \text{equação (11)}$$

$$w_{k2} = \Phi_i / (12,5 \cdot \eta_i) \cdot \sigma_{si} / E_{si} \cdot (4 / \rho_{ri} + 45) \quad \text{equação (12)}$$

Onde, E_{si} é o módulo de elasticidade do aço da barra, Φ_i é o diâmetro da barra que protege a região de envolvimento considerada, ρ_{ri} é a taxa de armadura passiva ou ativa aderente em relação à área da região de envolvimento, σ_{si} é a tensão de tração no centro de gravidade da armadura considerada, calculada no estágio II.

Para um Φ_i de 8 mm, E_{si} 210000MPa, $f_{ct,m}$ 2,90MPa, σ_{si} 307,65MPa, η_i 2,5 e ρ_{ri} 0,004, foram obtidos: $w_{k1} = 0,13$ mm na parede maior e $w_{k1} = 0,13$ mm na parede menor. Em ambas paredes, os valores obtidos são inferiores à 0,15mm. Poderá haver fissuras na parede dentro dos limites especificados, o que não comprometerá a estrutura.

5. RESERVATÓRIO B: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Possui forma circular em planta, diâmetro de 12,60m e 6,00m de altura (medidas internas). A laje da tampa tem a espessura de 25cm, a parede tem a espessura de 15cm e o fundo de 50 cm. O cobrimento nominal (C) foi de 3,5 cm, considerando em média uma armadura de diâmetro 10,0mm, a altura útil (d) para a tampa, parede e fundo vale respectivamente: 21, 11 e 46 cm.

¹ Segundo GUIMARÃES (1995, p.115)

5.1. DIMENSIONAMENTO

Segundo Guimarães (1995), deve ser verificada a esbeltez da casca dividindo-se a espessura da parede (h), pelo raio (r). Este valor deve ser menor que 0,05.

$$\frac{h}{r} = \frac{0,15}{6,30} = 0,023 \quad \text{equação (13)}$$

Portanto se pode considerar a casca como esbelta.

Ações atuantes na laje da tampa: $7,75\text{KN/m}^2$

Ações atuantes nas paredes: como a ligação entre a laje do fundo e a parede cilíndrica do reservatório é do tipo pé deslizante, os esforços segundo GUIMARÃES (1995, p.108), a serem calculados são apenas o esforço normal circunferencial N_{θ} e o esforço normal vertical N_y :

$$N_{\theta} = \gamma_{H2O} \cdot r \cdot (H - r) \quad \text{equação (14)}$$

$$N_y = \gamma_{\text{conc}} \cdot h \cdot (H - y) \quad \text{equação (15)}$$

Sendo, γ_{H2O} o peso específico da água, r o raio, H a altura do reservatório, γ_{conc} o peso específico do concreto e y o ponto em que se pretende calcular o esforço, de baixo para cima.

Tabela 4 - Reservatório B, esforços obtido na parede.

H - y (m)	N_{θ} (KN/m)	N_y (KN/m)
6.00	378.00	22.50
5.00	315.00	18.75
4.00	252.00	15.00
3.00	189.00	11.25
2.00	126.00	7.50
1.00	63.00	3.75
0.00	0.00	0.00

Ações atuantes na laje do fundo: considera-se a reação exercida pelo solo na base do reservatório orientada de baixo para cima: $R = 26,02 \text{KN/m}^2$.

A tampa e o fundo do reservatório foram dimensionadas como laje maciça circular e sua armadura distribuída em malha ortogonal. A parede foi dimensionada como casca. O momento fletor máximo no centro das lajes da tampa e do fundo, para ν igual à 0,2, e sua respectiva áreas de aço, foram obtidos pelas expressões:

$$m = \frac{q \cdot l^2}{20} \quad \text{equação (16)}.$$

As áreas de aço foram dadas pela equação (6). A armadura mínima usada foi de acordo com o item 19.3.3.2 da NBR 6118:2003, em que se especifica armadura mínima a ser usada para seção circular e fck de 30Mpa:

$$A_{Smin} = \frac{0,231.100.h}{100} \quad \text{equação (17)}$$

Na parede a área de aço foi dada por:

$$A_S = \frac{N_d}{\sigma_{sd}} \quad \text{equação (18)}$$

Onde N_d o esforço normal circunferencial de projeto, σ_{sd} a tensão do aço de projeto.

O valor obtido foi dividido por 2, considerando a distribuição nas duas faces da parede.

Tabela 5 - Reservatório B, esforços e áreas de aço para a tampa e fundo.

Reser. B	Tampa		Fundo	
	Mxd	Myd	Mxd	Myd
Mom. KNm/m	88.19	88.19	362.14	362.14
Asmin (cm ² /m)	5.78	5.78	11.55	11.55
Ascal (cm ² /m)	10.08	10.08	18.90	18.90
Asadot (cm ² /m)	10.08	10.08	18.90	18.90
Φ (mm)	12.50	12.50	16.00	16.00
s (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00

Tabela 6 - Reservatório B, esforços e áreas de aço para parede.

Reser. B	NΘ	Ascal	Asmin	Asadot	Φ	s
H - y (m)	(KN/m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)	(cm ² /m)	(mm)	(cm)
6.00	378.00	6.08	2.89	6.08	8.00	8.00
5.00	315.00	5.07	2.89	5.07	8.00	10.00
4.00	252.00	4.06	2.89	4.06	8.00	12.00
3.00	189.00	3.04	2.89	3.04	6.30	10.00
2.00	126.00	2.03	2.89	2.89	6.30	10.00
1.00	63.00	1.01	2.89	2.89	6.30	10.00
0.00	0.00	0.00	2.89	2.89	6.30	10.00

5.2. VERIFICAÇÃO DA FLECHA

Foi verificada a flecha apenas para a laje da tampa por estar sujeita a sofrer maiores deformações. A flecha ² foi dada pela expressão:

² Calculada segundo ROCHA (1978, p.64)

$$f_{max} = \frac{0,0048.q.l^4}{E.h^3} \quad \text{equação (19)}$$

A flecha calculada foi comparada com a flecha limite para carga total estabelecida pela NBR 6118: 2003. $0,00241m < \frac{l}{250}$; $0,00241m < 0,051m$

O valor achado é menor que o limite estabelecido.

5.3. VERIFICAÇÃO DA ABERTURA DE FISSURAS

Foi verificada a abertura de fissuras na parede do reservatório para a faixa mais solicitada, ou seja, para $H - y = 6,00$ e comparado com o valor máximo estipulado para abertura de fissuras para reservatórios destinados ao armazenamento de água, $0,15mm$. Os valores foram dados pelas equações 11 e 12.

Para um Φ_i de 8 mm, E_{si} 210000MPa, $f_{ct,m}$ 2,90MPa, σ_{si} 302,65MPa, η_i 2,5 e ρ_{ri} 0,0035, foi obtido:

$w_{k1} = 0,128mm$; inferior à $0,15mm$. Poderá haver fissuras na parede dentro dos limites especificados, o que não comprometerá a estrutura.

6. RESERVATÓRIO C: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Possui duas células de forma retangular em planta com 15,00m de comprimento, 5,00 m de largura e 5,00 m de altura (medidas internas para cada célula). A laje da tampa, fundo e paredes possuem uma espessura de 25cm. Com o cobrimento nominal (C) de 3,5cm, considerando em média uma armadura de diâmetro 10,0mm, a altura útil (d) vale 21cm.

6.1. DIMENSIONAMENTO

São apresentadas as ações consideradas para o projeto, seus respectivos cálculos e esforços gerados na estrutura e as respectivas áreas de aço.

Tabela 7: Ações atuantes

Reser. C	Peso próprio	Revestimento e enchimento	Sobre Carga	Argila expandida	Carga Hidr.
	(KN/m ²)	(KN/m ²)	(KN/m ²)	(KN/m ²)	(KN/m ²)
Tampa	6,25	0,5	0,5	0,5	
Paredes					50

considera-se a reação exercida pelo solo na base do reservatório orientada de baixo para cima: $R = 34,39\text{KN/m}^2$.

A tampa, paredes e fundo do reservatório foram dimensionadas como laje maciças pelo processo de cálculo de placas. Os momentos fletores, bem como as respectivas áreas de aço foram obtidos usando as expressões abaixo: foram dados pelas equações 4 e 5.

As áreas de aço foram dadas pelas equações 6 e 7. A armadura mínima usada foi de acordo com o item 19.3.3.2 da NBR 6118:2003, em que se especifica armadura mínima a ser usada para seção retangular e f_{ck} de 30Mpa apresentadas nas equações 8 e 9. Nas lajes armadas em um direção, a quantidade de armadura de distribuição usada foi de 20% da armadura principal quando maior que $0,9\text{cm}^2 / \text{m}$.

Tabela 8 - Reservatório C, esforços e áreas de aço.

Reser. C	Tampa		Parede Maior			Parede Menor			Fundo	
	Mxd	Myd	Mxd	Myd	My'd	Mxd	Myd	My'd	Mxd	Myd
Mom. KNm/m	37.38	9.45	123.67	34.73	118.09	29.13	31.26	72.35	182.03	40.82
Asmin (cm ² /m)	4.33	0.90	4.33	4.33	4.33	2.90	2.90	2.90	4.33	0.90
Ascal (cm ² /m)	4.27	0.85	14.72	3.97	14.06	3.19	3.42	8.27	22.54	4.51
Asadot (cm ² /m)	4.33	0.90	14.72	4.33	14.06	3.19	3.42	14.06	22.54	4.51
Φ (mm)	8.00	6.30	12.50	8.00	12.50	6.30	6.30	12.50	16.00	8.00
s (cm)	10.00	20.00	8.00	10.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	10.00

6.2. VERIFICAÇÃO DA FLECHA

A flecha elástica para carga total na tampa e paredes do reservatório foi dada pela equação 10. Os valores obtidos são os mesmos da tabela 3.

6.3. VERIFICAÇÃO DA ABERTURA DE FISSURAS

Foi verificada a abertura de fissuras nas paredes do reservatório e comparada ao valor máximo estipulado para fissuras em reservatório destinado ao armazenamento de água: 0,15mm. Os valores foram dados pelas equações 11 e 12.

Para um Φ_i de 8 mm, E_{si} 210000MPa, $f_{ct,m}$ 2,90MPa, σ_{si} 308,17MPa, η_i 2,5 e ρ_{ri} 0,004, foram obtidos:

$w_{k1} = 0,13\text{mm}$; $0,13\text{mm} < 0,15\text{mm}$. Poderá haver fissuras na parede dentro dos limites especificados, o que não comprometerá a estrutura.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados os resultados obtidos referentes aos quantitativos e custo dos itens avaliados: aço, concreto, formas, impermeabilizante e mão de obra.

Tabela 9 - Consumo de material por reservatório

Itens avaliados	Reservatórios			Unid
	A	B	C	
Forma e desforma com tabua de madeira branca para o fundo	17,75	20,25	17,90	m ²
Forma e desforma de parede	710,00	480,50	760,00	m ²
Forma e desforma da Laje da tampa	150,00	125,00	150,00	m ²
Aço diversas bitolas	25.183,62	19.276,14	27.583,04	kg
Mão de obra do ferreiro	25.183,62	19.276,14	27.583,04	kg
Concreto magro	8,50	7,00	9,00	m ³
Concreto Fck 30 Mpa	173,00	147,00	179,25	m ³
Lançamento de concreto	181,50	154,00	183,75	m ³
Impermeabilização	650,00	487,00	700,00	m ²

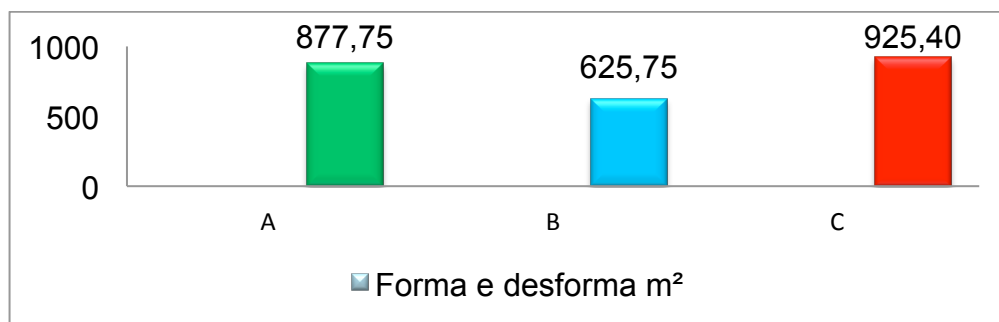


Figura 2: Quantidade de forma e desforma por reservatório.

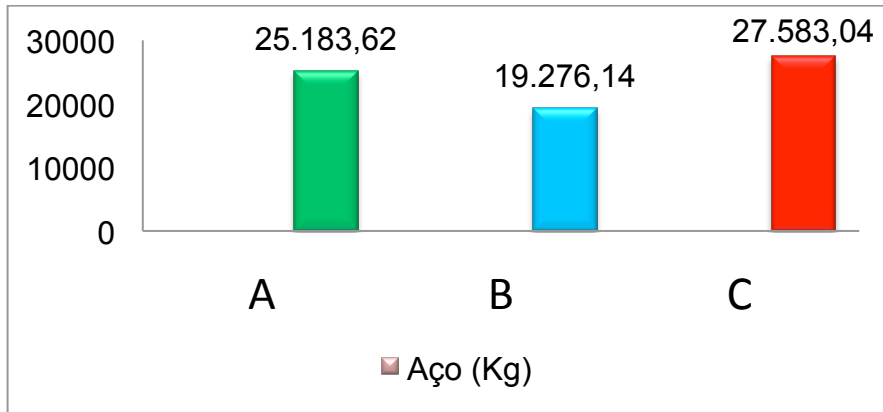


Figura 3: Quantidade de aço por reservatório.

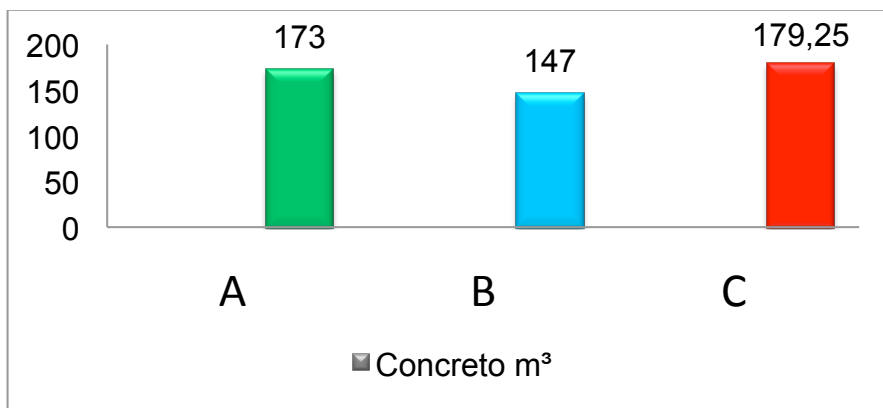


Figura 4: Quantidade de concreto por reservatório.

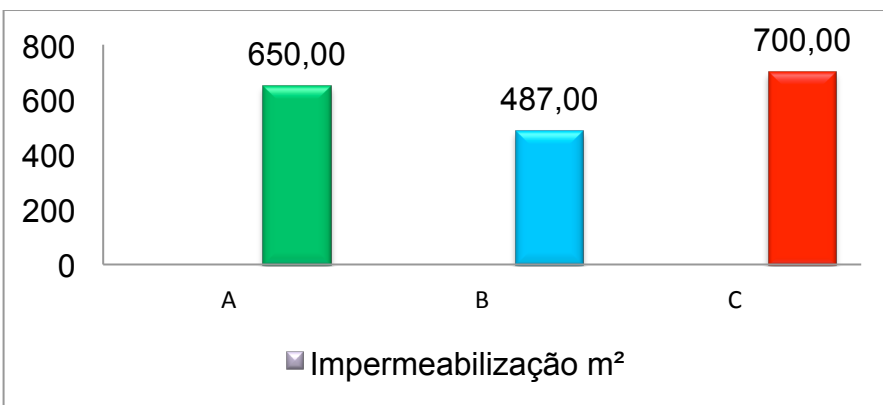


Figura 5: Quantidade de área de impermeabilização por reservatório.

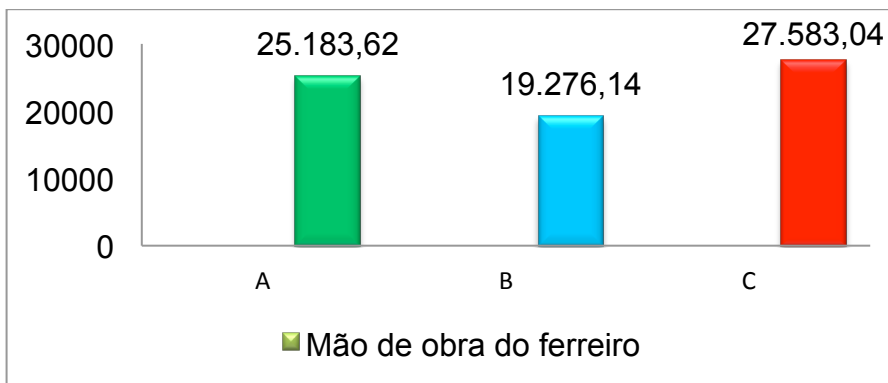


Figura 6: Quantidade de aço a ser montado pelo ferreiro por reservatório.

Pela análise dos resultados, se verifica que o reservatório circular por sofrer menos esforços, realmente demanda menos insumo do que os outros dois. Também se verifica que o reservatório multicelular demanda maior quantidade de insumos. Isto se explica porque neste projeto, o reservatório multicelular possui uma parede à mais que o reservatório retangular, e, embora se esperasse que esta parede, por causar uma diminuição dos vãos, resultaria em esforços menores, causa na verdade um acréscimo da área de forma, volume de concreto, quantidade de aço e mão de obra. Não influencia na redução de esforços, pelo contrário, devido ao engaste que a nova parede sofre, surgem momentos negativos que precisam ser combatidos e conseqüentemente, mais armadura.

Tabela 10 - Custos por reservatório

Itens avaliados	Reservatórios (R\$)		
	A	B	C
Forma e Desforma com Tabua de Madeira Branca para o fundo	1,172.21	1,337.31	1,182.12
Forma e Desforma de Parede	41,421.40	42,062.97	35,733.25
Forma e Desforma de Laje	7,692.00	6,410.00	7,692.00
Aço Diversas Bitolas	105,267.53	80,574.27	115,297.11
Mão de Obra do Ferreiro	46,589.70	35,660.86	51,028.62
Concreto Magro	2,436.53	2,006.55	1,289.93
Concreto Fck 30 Mpa	53,405.10	45,378.90	55,334.48
Lançamento de Concreto	16,463.87	13,969.34	16,667.96
Impermeabilização	23,660.00	17,726.80	25,480.00

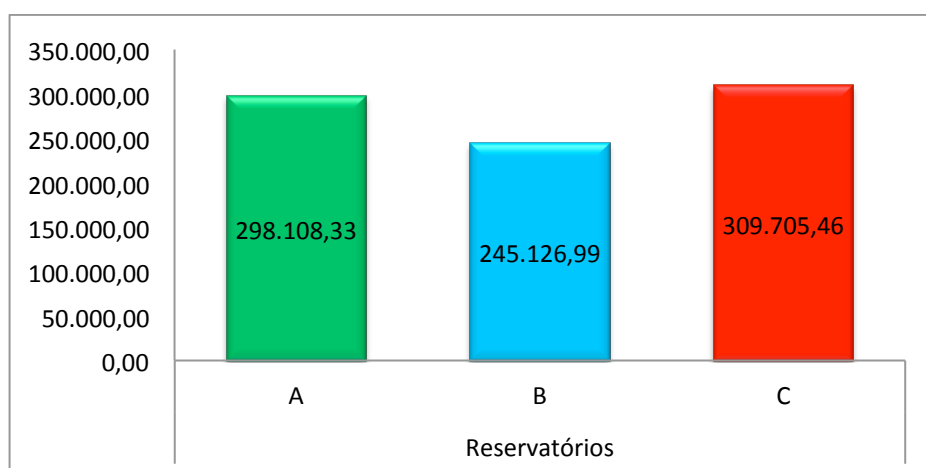


Figura 7 – Gráfico de custos por reservatório

Conforme se verifica na figura 2, o reservatório multicelular demanda maior consumo de insumos, o que influencia no custo final da obra. Isto se verifica na figura 3, em que se vê claramente que o reservatório multicelular resulta num custo superior aos outros dois.

8. CONCLUSÕES

Quando chamado para projetar um reservatório apoiado no solo, o engenheiro se depara com uma questão inicial, que forma adotar e porquê adotar? Procurou-se neste trabalho contribuir para a resposta desta questão.

Verifica-se portanto, que para as condições adotadas neste projeto, e os itens levantados, o custo da execução de um reservatório circular sai 20,85% a menos, quando comparado com o reservatório multicelular, e 17,77% a menos, quando comparado com o reservatório retangular. O custo da execução deste último, sai 3,74% a menos, quando comparado com o reservatório multicelular. Conclui-se portanto que o reservatório multicelular é mais dispendioso que os outros dois, e que o reservatório circular é o mais econômico dos três comparados.

9. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118. **Projeto e execução de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro, 2003.

COSTA, Flávio de Oliveira. **Projetos estruturais de reservatórios paralelepípedicos de concreto armado moldados *in loco***. 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.

GUIMARÃES, A. E. P. **Indicações para projeto e execução de reservatórios cilíndricos em concreto armado**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

IBGE. **Censo 2010 - População por município - Santa Catarina**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_santa_catarina.pdf>. Acesso em: Abril 2011.

VASCONCELOS, Z. L. **Critérios para projetos de reservatórios paralelepípedicos elevados de concreto**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

VENTURINI, W. S. **Contribuição ao dimensionamento de reservatórios cilíndricos protendidos**. 1977. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ROCHA, Aderson Moreira da. **Novo curso prático de concreto armado**. v. 3. 14° ed. Rio de Janeiro, 1974.

ROCHA, Aderson Moreira da. **Novo curso prático de concreto armado**. v. 4. 6° ed. Rio de Janeiro, 1979.