

ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS CONSTRUTIVOS DE PISCINAS ENTERRADAS RETANGULARES, UM ESTUDO DE CASO PARA EMPREGO DE CONCRETO ARMADO E ARGAMASSA ARMADA

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONSTRUCTION MODELS OF RECTANGULAR IN-GROUND POOLS, A CASE STUDY FOR THE USE OF REINFORCED CONCRETE AND REINFORCED MORTAR

Matheus da Silva Bezerra¹
Wesley Imperiano Gomes de Melo²

RESUMO

Piscinas são estruturas destinadas a reservar água com fins recreativos contendo elementos estruturais projetados para conter tal líquido de forma estanque. Ademais, os sistemas construtivos das piscinas podem ser os mais diversos, sendo abordado neste trabalho dois deles: em concreto armado e em argamassa armada. Assim, no presente estudo objetiva-se realizar um comparativo entre dois sistemas construtivos citados, conservando que a principal diferença entre esses materiais reside na composição. Ademais, pretende-se compreender o dimensionamento e o detalhamento estrutural dos dois sistemas de piscinas, discutindo suas vantagens e desvantagens. A metodologia empregada por análise comparativa de eficiência, da aplicabilidade estrutural e da econômica na execução. Após as análises, constatou-se equivalência estrutural entre os modelos construtivos, porém em termos econômicos é visível a atratividade do sistema em argamassa armada por mais de 40%.

Palavras-chave: piscina retangular estrutura; concreto armado; argamassa armada; comparação estrutural e econômica.

ABSTRACT

Swimming pools are structures intended to reserve water for recreational purposes containing structural elements designed to contain such liquid in an airtight manner. Furthermore, the construction systems of swimming pools can be very diverse, in this work two of them will be addressed: reinforced concrete and reinforced mortar. Thus, in the present study the aim is to make a comparison between two construction systems mentioned, keeping in mind that the main difference between these materials lies in the composition. Furthermore, the aim is to understand the sizing and structural detailing of the two pool systems, discussing their advantages and disadvantages. The methodology used is a comparative analysis of efficiency, structural and economic applicability in execution. After the analyses, structural equivalence was found between the construction models, however in economic terms the attractiveness of the reinforced mortar system is visible by more than 40%.

Keywords: rectangular swimming pool, reinforced concrete, reinforced mortar, structural and economic comparison.

¹ Bacharelando em Engenharia Civil - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2024.

² Doutor em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba, 2019.

INTRODUÇÃO

A evolução da engenharia civil ao longo dos anos tem sido marcada pelo avanço tecnológico, inclusive nas estruturas, trazendo a importância de realizar análises comparativas e de viabilidade econômica. Além de constatar as vantagens e limitações para determinar o método mais eficiente de execução. No Brasil, a argamassa armada apresentou suas primeiras aplicações em larga escala por volta de 1980 (Ballarin, 1999).

Neste contexto, o presente trabalho propõe-se a realizar um estudo comparativo entre dois sistemas construtivos de piscinas: em argamassa armada e o concreto armado. A fim de analisar suas características, desempenho e aplicabilidade em piscinas enterradas.

Os citados modelos construtivos possuem abordagens distintas, com suas particularidades e aplicações especificadas a seguir.

A estrutura da piscina em argamassa armada constitui uma estrutura mista, com piso em concreto armado e paredes em argamassa armada, enrijecidas a cada 1,5 m por pilares quadrados de área 400 cm².

A Argamassa armada é, na prática, um material bastante similar ao concreto armado, tendo sua composição cimento e areia. Sua armadura é constituída com bitolas mais finas e menos espaçadas. No Brasil a argamassa armada ganhou competitividade desde a década de 60, tendo seus primeiros estudos pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP).

A piscina em concreto armado é caracterizada por sua forma mais simples de ser entendida, sendo sua estrutura totalmente construída em

concreto e armada por bitolas passivas, tendo suas paredes funcionando como vigas paredes.

Vigas paredes são componentes estruturais bastante utilizados para a construção de reservatórios, seja para preservação potável ou para piscinas. De acordo com a ABNT NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2023), não devem apresentar largura menor que 15 cm. No entanto, por conta da relação altura-vão, muitas vezes demanda por uma área de aço mais elevada.

O objetivo principal deste estudo é compreender o dimensionamento e detalhamento estrutural das piscinas citadas. As análises comparativas de custos, serão procedidas por meio de um caso prático, valendo a revisão bibliográfica como fundamentação.

Espera-se que os resultados obtidos possam contribuir para o aprimoramento do conhecimento técnico-científico na área de engenharia civil, oferecendo conhecimento para a seleção e dimensionamento de estruturas de forma mais criteriosa e eficiente.

Além disso, pretende-se fornecer informações relevantes para profissionais da área, acadêmicos e demais interessados no tema.

Finalmente, salienta-se que essa pesquisa não tem a intenção de estabelecer uma estrutura como melhor do que a outra. Visa, porém, de oferecer uma análise imparcial e embasada, que possa contribuir para a escolha da estrutura de piscina mais adequada para cada circunstância específica, levando em conta as características do projeto, as exigências do cliente e as condições regionais.

METODOLOGIA

O processo de comparação dos dois sistemas de piscinas foi conduzido por meio de uma sequência

detalhada de cálculos de ambas as estruturas em epígrafe.

Primeiramente, os cálculos foram realizados com base na técnica tradicional, amplamente utilizada na construção civil, respeitando a NBR 10339 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988), considerando determinantes para projeto e execução de piscinas. Esta metodologia envolve a construção completa da laje de fundo e das paredes em concreto armado, oferecendo uma análise padrão de desempenho estrutural.

Subsequentemente, são apresentados os cálculos referentes a uma estrutura mista de piscina. Na qual a laje de fundo é construída em concreto armado, enquanto as paredes são executadas em argamassa armada. A escolha da estrutura mista foi baseada em um estudo de caso específico, adotando um método construtivo desenvolvido por uma empresa da cidade do Recife.

Os cálculos de dimensionamento incluem análises de esforços e de deformações, utilizando os princípios da resistência dos materiais e das normas técnicas aplicáveis. As paredes foram dimensionadas como engastadas na laje de fundo e nas paredes adjacentes, para distribuir adequadamente os esforços.

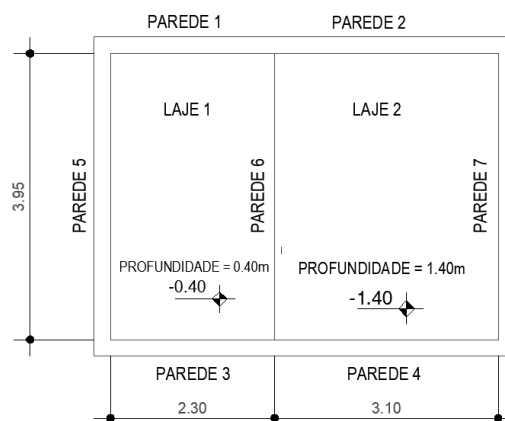
Por fim, é considerada a relação entre custo e benefício, por meio de uma avaliação econômica dos custos dos materiais necessários, sem listar a mão-de-obra, assim como a Viabilidade Construtiva, que se trata de uma relação entre a praticidade de execução, tempo de construção e adaptabilidade a diferentes condições de projeto.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DA PISCINA EM CONCRETO ARMADO

Este estudo buscou fornecer uma compreensão abrangente das implicações técnicas e econômicas dos dois modelos construtivos. Contribuindo para a tomada de decisão, informada, na escolha entre os métodos construtivos abordados.

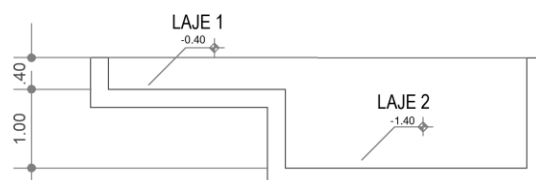
Para facilitar o entendimento do comparativo utilizaremos como base o mesmo projeto arquitetônico de piscina, ver (figura 1 e figura 2), tanto para a piscina em concreto armado, quanto para a piscina em argamassa armada.

Figura 1 – Dimensões da piscina adotada.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 2 – Corte da piscina adotada.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

LEVANTAMENTO DE CARGAS

De acordo com o estudo de Araújo (2021), no cálculo de um reservatório utiliza-se as seguintes

cargas: a carga da laje no fundo da piscina é calculada mediante cômputo o peso-próprio considerando uma espessura de 18 cm de concreto; a carga do revestimento empregado; e a carga hidrostática, onde considera-se um cenário que a piscina estaria totalmente cheia. Para as paredes é considerado uma carga triangular com ordenada máxima na cota base, conforme se vê na Tabela 1.

Tabela 1 – Apresentando as cargas de fundo 1 e 2.

CARGAS NO FUNDO 1			
	PESO ESPECÍFICO (kN/m ³)	h (m)	kN/m ²
PESO PRÓPRIO	25	0,18	4,5
Revestimento			0,5
Pressão hidrostática	10	0,4	4
Carga Total			9

CARGAS NO FUNDO 2			
	PESO ESPECÍFICO (kN/m ³)	h (m)	kN/m ²
PESO PRÓPRIO	25	0,18	4,5
Revestimento			0,5
Pressão hidrostática	10	1,4	14
Carga Total			19

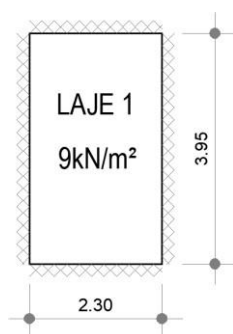
CARGA NAS PAREDES (kN/m ²)	
CARGA TRIANGULAR COM ORDENADA MÁXIMA	12,5

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

REPRESENTAÇÃO DAS LAJES

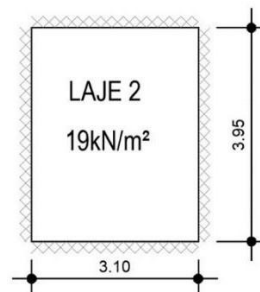
Nas Figuras 3 a 9 constam as dimensões das lajes e paredes e seus respectivos carregamentos.

Figura 3 – Modelo de representação da laje 1.



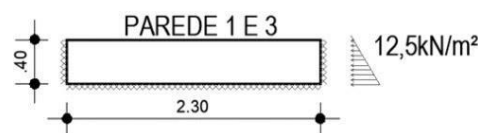
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 4 – Modelo de representação da laje 2.



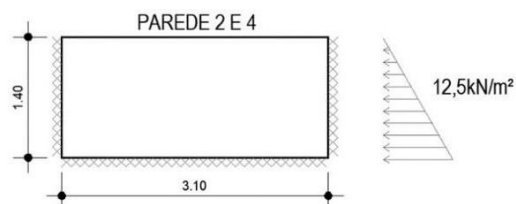
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 5 – Modelo de representação das paredes 1 e 3.



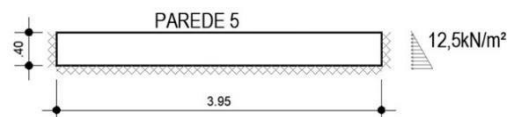
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 6 – Modelo de representação das paredes 2 e 4.



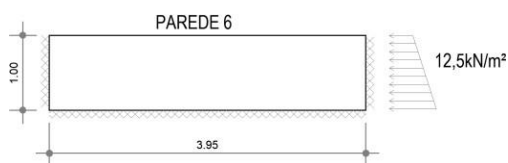
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 7 – Modelo de representação da parede 5.



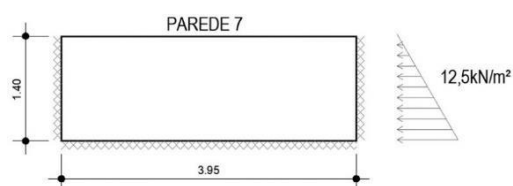
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 8 – Modelo de representação da parede 6.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 9 – Modelo de representação da parede 7.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

CONDIÇÕES DE CONTORNO

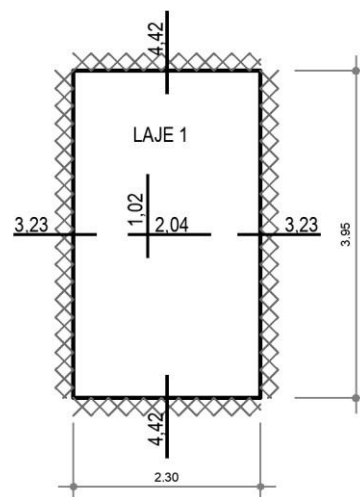
As condições de contorno constituem uma etapa fundamental na análise e dimensionamento de estruturas de concreto armado e argamassa armada.

No dimensionamento de estruturas de concreto armado, considera-se a laje de fundo rigidamente engastada nas paredes adjacentes. Quanto às paredes, estas são assumidas como engastadas tanto na laje de fundo quanto nas paredes vizinhas.

Para o dimensionamento utilizando argamassa armada, aplicam-se os mesmos princípios ao piso. As paredes, entretanto, são consideradas engastadas nos pilares locados a cada um metro e meio em todo o seu perímetro, resultando em pequenas lajes com largura de um metro e meio.

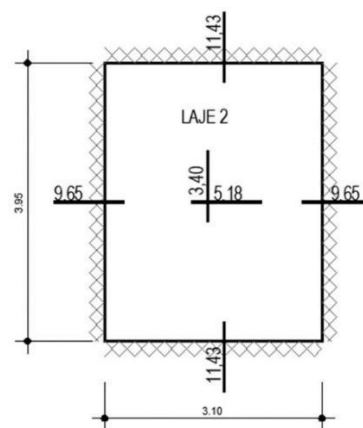
Para o cálculo das condições de contorno foram utilizadas as tabelas de “Cálculo de Lajes em Cruz – Marcus” para o cálculo dos esforços solicitantes em lajes.

Figura 10 - Condições de contorno da piscina de concreto armado: Laje 1.



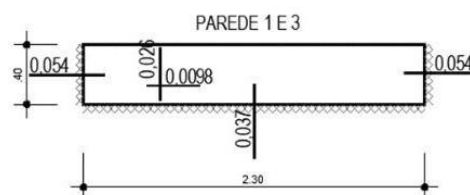
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 11 – Laje 2.



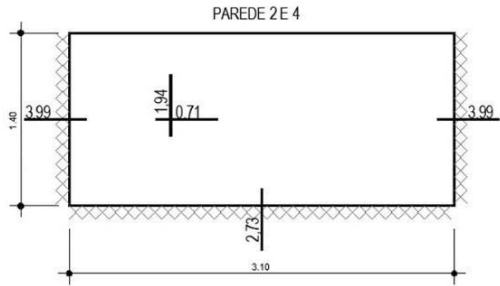
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 12 – Parede 1 e 3.



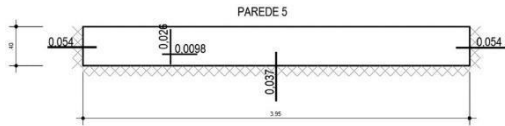
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 13 – Parede 2 e 4.



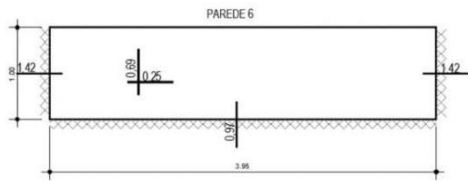
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 14 – Parede 5.



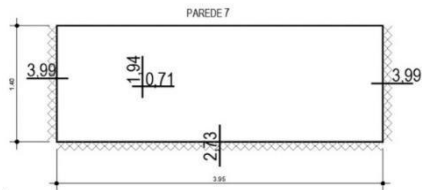
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 15 – Parede 6.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 16 – Parede 7.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS

Conforme o exemplo de Araújo (2023) é utilizado um cobrimento de 4,5 cm, ou seja, classe de agressividade IV, um concreto de f_{ck} igual a 40 MPa, γ_f igual a 1,4 de coeficiente de segurança, abaixo

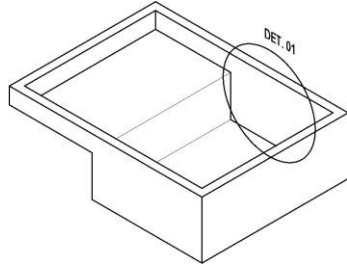
temos o seguinte resultado, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensionamento das armaduras da piscina de concreto armado.

	LOCAL	MD (kN*c m)	As (cm²/m)	AsMin (cm²/m)	ARMADU RA
x	LAJE L1	142,8	0,24	3,78	□ 8.0 c.13
y		285	0,48		
x e		618,8	1,0543		
y e		494,2	0,98		
x	LAJE L2	725	1,23	3,78	□ 8.0 c.13
y		476	0,81		
x e		1279,6	2,18		
y e		1080,8	1,84		
x	PAREDE 1 e 3	191,8	0,3268	3,78	□ 8.0 c.13
y		509,6	0,8682		
x e		1058,4	1,8032		
y e		725,2	1,2355		
x	PAREDE 2 e 4	99,4	0,16	3,78	□ 8.0 c.13
y		271,6	0,46		
x e		558,6	0,95		
y e		382,2	0,65		
x	PAREDE 5	191,8	0,3268	3,78	□ 8.0 c.13
y		509,6	0,8682		
x e		1058,4	1,8032		
y e		725,2	1,2355		
x	PAREDE 6	35,875	0,0611	3,78	□ 8.0 c.13
y		97,125	0,1655		
x e		136,85	0,2332		
y e		199,5	0,3399		
x	PAREDE 7	99,4	0,16	3,78	□ 8.0 c.13
y		271,6	0,46		
x e		558,6	0,95		
y e		382,2	0,65		

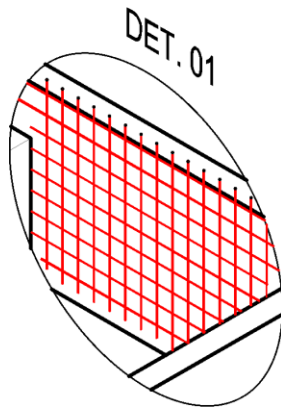
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 17 – Modelo de representação da piscina em concreto armado.



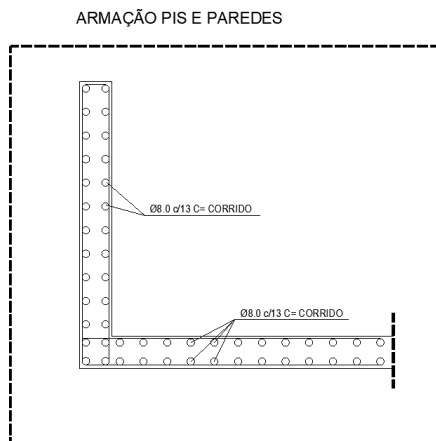
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 18 – Detalhe em isométrica das armaduras.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 19 – Detalhe em corte das armaduras.

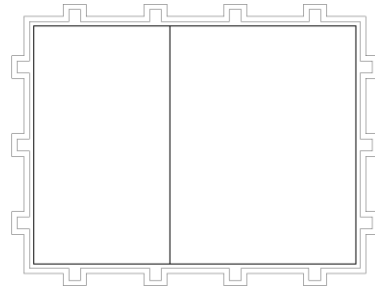


Fonte: elaborada pelo próprio autor.

DESCRIÇÃO DO PROJETO DA PISCINA EM ARGAMASSA ARMADA

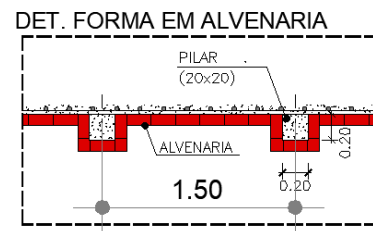
Nas Figuras 20 a 23 é apresentado o modelo construtivo da piscina em argamassa armada, sendo caracterizada por sua forma de alvenaria e seus pilares a cada um metro e meio no perímetro da piscina.

Figura 20 - Piscina em argamassa armada, planta baixa da piscina.



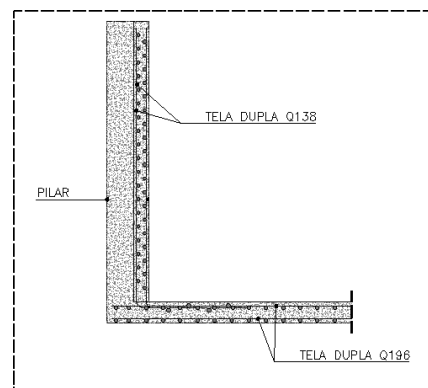
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 21 – Detalhe ampliado da forma.



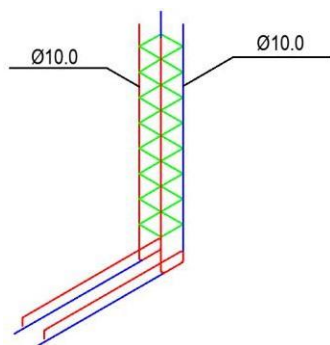
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 22 – Corte da forma.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 23 – Representação do pilar.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

A argamassa armada se trata de um tipo concreto armado sem o agregado graúdo, ou seja, contém apenas agregado miúdo, cimento e água. A argamassa geralmente associada à sua armadura com bitolas de fios finos, demandando um espaçamento menor para atender a área de aço, melhorando assim o controle das fissuras, essenciais na luta contra vazamentos e garantindo a estanqueidade da representação.

Esse modelo construtivo faz uso de uma placa de argamassa armada com espessura de 3,0 cm com um traço de 1:2 (cimento e areia) e outra camada de 3,0 cm com traço de 1:3 (cimento e areia). Segundo Panzetti (2019), a espessura máxima da peça de argamassa armada é de 40 mm, respeitando o item 3.4, ABNT NBR 11173 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990), p.2. Utiliza-se ainda duas telas Q138 10x10 cm, fazendo com que no final as duas telas resultem em uma tela 5x5 cm conforme a Figura 25.

Essa placa estará engastada em pilares com espaçamento de no máximo 1,5 m de eixo a eixo, em pilares de (20x20) cm com 4 bitola de 10.0 mm e estribos de 5.0 mm espaçados de 15 cm em um concreto convencional de 30 MPa, conforme Figura 23.

LEVANTAMENTO DE CARGAS, PISCINA ARGAMASSA ARMADA

Para esse tipo de estrutura é admitido valores retirados de campo. Laje de fundo com espessura de 10 cm, contrapiso com espessura de 3 cm, conforme vejamos:

Com relação às cargas da laje de fundo 01, tem-se o peso próprio de 2,5 kN/m², neste exemplo utiliza-se uma espessura de 10 cm de concreto, de contrapiso, é adotado o valor de 0,66 kN/m², revestimento igual, de 0,5 kN/m², a pressão hidrostática com valor de 4,0 kN/m², apresentando as cargas totais, o valor de 7,66 kN/m².

Para as cargas da laje 02, é usado o peso próprio no valor de 2,5 kN/m², para esse exemplo utilizaremos uma espessura de 10 cm de concreto também, o contrapiso no valor de 0,66 kN/m², revestimento igual, de 0,5 kN/m², a pressão hidrostática apresentando um total de 14,0 kN/m², assim temos o valor de 17,66 kN/m² de cargas totais.

Com relação à carga nas paredes, a carga triangular com ordenada máxima, igual a 12,5 kN/m².

Com relação à carga nos pilares, foi levado em consideração a carga hidrostática (carga triangular), mais o peso próprio da parede de argamassa armada com espessura final de 6 cm.

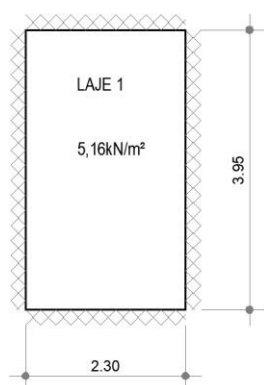
A carga triangular com ordenada máxima de 12,5 kN/m², o peso próprio da parede de argamassa armada, foi de 2,89 kN/m², o peso próprio do pilar foi de 1,4 kN/m².

Desta forma, as cargas totais apresentaram um total de 16,79 kN/m².

REPRESENTAÇÃO DA PLACA DE ARGAMASSA ARMADA

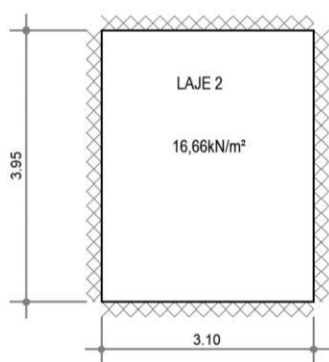
A representação da placa de argamassa armada permite a visualização de sua configuração geométrica e da disposição dos elementos que a compõem. Nesse contexto, as ilustrações a seguir auxiliam na compreensão das características construtivas do elemento.

Figura 24 – Verificação e carregamento da piscina em Argamassa Armada, Laje de fundo n° 1.



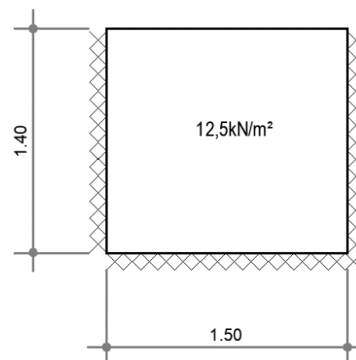
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 25 – Laje de fundo n° 2.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 26 – Parede (viga-parede).



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

DIMENSIONAMENTO DA NOVA LAJE

Para esse comparativo é assumido os seguintes dados, no cobrimento 2,5 cm, para f_{ck} utilizamos 30 MPa, com Aço CA-50, obtendo y_s de 1,4 conforme mostrado a seguir nas Figuras 27 a 29.

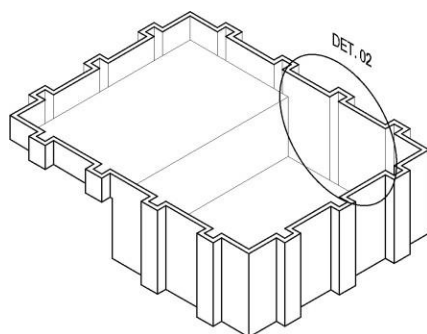
Obtendo os seguintes resultados, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Dimensionamento das armaduras piscina em argamassa armada.

	LOCAL	MD (KN*cm)	As (cm ² /m)	AsMin (cm ² /m)	ARMA- DURA
x	LAJE L1	92,862	0,29716	2,1	f5.0 c.5
y		184,58	0,59065		
xe		292,34	0,9355		f8.0 c.10
ye		399,73	1,27913		
x	LAJE L2	672,43	2,15178	2,1	f5.0 c.5
y		441,56	1,413		
xe		1481,59	4,74109		f8.0 c.10
ye		1250,72	4,00231		
x	PAREDE 1,5 DE LARGURA	21	0,32857	0,006 3	f4.2 c.5
y		18,2	0,13953		
xe		47,6	0,36493		
ye		50,4	0,3864		

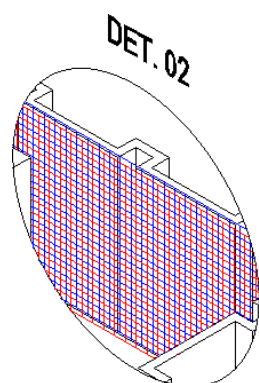
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 27 – modelo construtivo da piscina em argamassa armada.



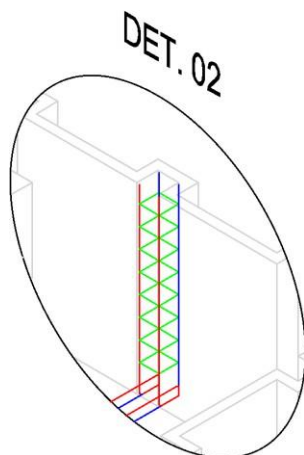
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 28 - Detalhe ampliado das duas telas Q138.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 29 - Detalhe de como é locado o pilar.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

DIMENSIONAMENTO DO PILAR

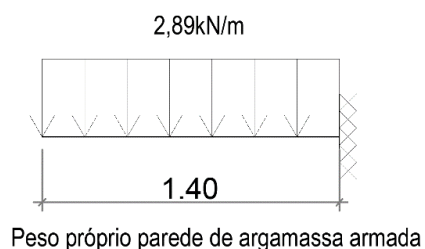
Neste estudo, é analisado um pilar que atua simultaneamente como viga devido às condições específicas de carregamento. Em particular, consideramos o caso de uma piscina sem tampa, onde as cargas aplicadas ao pilar são exclusivamente laterais.

Estas cargas provêm da pressão hidrostática da água contra as paredes, do peso próprio do pilar e do peso da parede de argamassa armada da piscina.

Devido à ausência de uma tampa ou cobertura, não há cargas verticais significativas a serem consideradas.

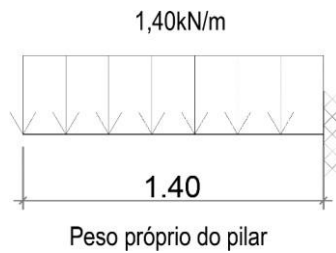
Portanto, o pilar deve ser analisado como uma viga-pilar. A seguir imagens para o melhor entendimento, de acordo com as Figuras 30 a 32.

Figura 30 – Dimensionamento do pilar, esforço do peso da argamassa armada.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 31 – Esforço do peso próprio do pilar.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 32 – Esforço da pressa hidrostática na parede.



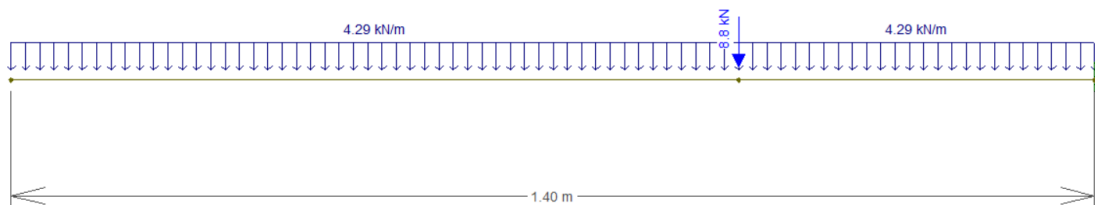
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Para o cálculo e análise da viga-pilar, utiliza-se o software Ftool, que auxilia na modelagem precisa das condições de carregamento. Este software é fundamental para aproximar a modelagem à realidade estrutural da viga-pilar.

Para uma aproximação realista das condições de carregamento, é feito a combinação de diferentes tipos de cargas no cálculo do momento máximo.

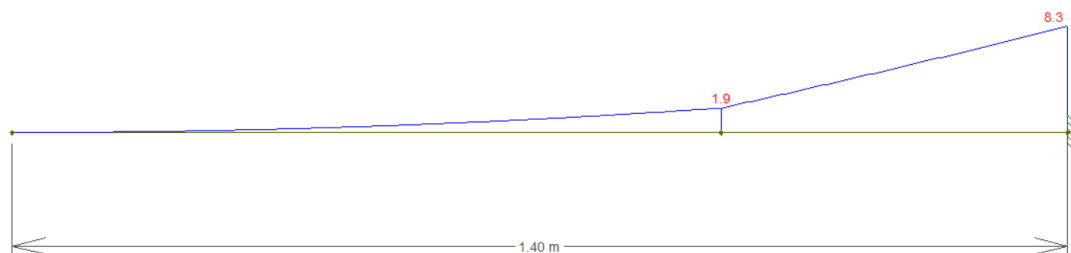
A carga hidrostática, devido à pressão da água, é aproximada por uma carga concentrada aplicada a um terço da altura da viga-pilar. Além disso, é incluída uma carga distribuída que representa a combinação dos pesos da laje de argamassa armada e do próprio pilar, como demonstrado nas Figuras 33 e 34.

Figura 33 - Pilar da piscina em argamassa armada: Estado de carregamento.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 34 – Diagrama de momento fletor.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

CÁLCULO DA ÁREA DE AÇO DO PILAR

Para esse dimensionamento é usado o cobrimento de 2,5 cm, uma resistência do concreto de 30 MPa, tipo de aço CA-50, coeficiente de segurança do material γ_s : 1,4, momento característico M_k : 830 kN cm, momento de projeto M_d : 1.162 kN cm.

O fato de compacidade calculado K_c foi de 5,27 resultando em um coeficiente de aço K_s igual a 0,024, finalizando uma área de aço (A_s) de 1,59 cm² ou seja, 2 barras de aço de 10.0 conforme Figura 19.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste artigo, para atender ao objetivo de analisar a viabilidade financeira de dois métodos construtivos, concreto armado e argamassa armada, onde as duas abordagens atendem aos requisitos de esforços solicitados, garantindo segurança e executabilidade do projeto.

Para esta comparação, é considerado apenas o material que foi utilizado para 2 metros de parede e 1 m² da laje de fundo.

ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

A quantificação de materiais em estruturas de concreto é uma etapa fundamental para o planejamento e a estimativa de custos em obras civis. Nesse contexto, este estudo apresenta o dimensionamento dos insumos necessários para a execução de uma seção de parede e piso de piscina, considerando parâmetros geométricos e construtivos previamente definidos.

Para a parede da região mais profunda da piscina, com altura de

1,40 m, espessura de 0,18 m e comprimento de 2,00 m, foi determinado o volume de concreto com base nas dimensões adotadas. De forma complementar, realizou-se o levantamento da armadura, considerando a utilização de vergalhões de 8,0 mm de diâmetro, espaçados regularmente. A partir desses dados, estimou-se o comprimento total de aço empregado e, conseqüentemente, sua massa, com base no peso específico do material.

De maneira análoga, procedeu-se à análise do piso correspondente a uma área unitária de 1,0 m², mantendo-se a mesma espessura estrutural. Foram calculados o volume de concreto e a quantidade de aço necessária, adotando-se os mesmos critérios de espaçamento e especificação da armadura utilizados para a parede.

A partir da soma dos quantitativos obtidos para parede e piso, determinaram-se os valores totais de concreto e aço empregados no sistema analisado. Esses resultados são posteriormente organizados e apresentados em forma de tabela, permitindo melhor visualização, comparação e suporte à análise de custos com base em dados de mercado local.

Tabela 4 – levantamento volume de concreto.

ITEM	DIMENSÃO CONSIDERADA (m ²)	ESPESSURA (m)	VOLUME DE CONCRETO (m ³)
Parede (parte funda)	2,80	0,18	0,50
Piso	1,00	0,18	0,18
		TOTAL	0,684

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Tabela 5 – levantamento quantidade peso do aço.

ITEM	DIMENSÃO O CONSIDERADA (m²)	FERRA- GEM UTILI- ZADA	QNT. (m)	PESO ESPECÍ- FICO DO AÇO (kg/m)	PESO TOTAL (kg)
Parede (parte funda)	2,8	Vergalhão ø 8,0 mm a cada 13 cm	22	0,395	8,69
Piso	1	Vergalhão ø 8,0 mm a cada 13 cm	8	0,395	3,16
		TOTAL	30		11,85

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Somando o concreto da parede e do piso resulta em um total de 0,68 m³ e somando o aço, um total de 11,85 kg.

Conforme orçamento de preços do mercado local:

Tabela 6 – levantamento de material utilizado na piscina de concreto.

ITEM	QNT	UND	VALOR UNI	TOTAL
CONCRETO 40MPA	0,68	m ³	662,66	450,609
VERGALHÃO DE AÇO CA- 50 8.0	11,85	KG	2,61	30,9285
			TOTAL	481,537

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

ESTRUTURA EM ARGAMASSA ARMADA

Na estrutura de argamassa armada analisa-se a presença de um pilar inserido em um segmento de 2,00 m, contemplando a definição da armadura longitudinal e transversal, com base nas especificações de diâmetro, espaçamento e coeficientes de massa dos materiais. Adicionalmente, são consideradas as telas metálicas aplicadas na parede, responsáveis pela distribuição de esforços e pelo reforço da argamassa.

Na sequência, são determinados os volumes de concreto e argamassa associados aos elementos estruturais, levando em conta suas dimensões e características de resistência. Para o piso, procede-se à quantificação dos materiais de forma análoga, incluindo o uso de telas metálicas e o volume de concreto correspondente.

Os quantitativos obtidos são sistematizados e apresentados em formato de tabela (Tabela 7 e Tabela 8), de modo a facilitar a visualização e a interpretação dos dados, além de subsidiar análises comparativas e estimativas de custos associadas ao sistema construtivo estudado.

Tabela 7 – Levantamento de material utilizado na piscina em argamassa armada.

ITEM	DESCRI- ÇÃO	Quantidad e / Dimensão	Cálculo	Resul- tado
Pilar (armação)	4 Ø 10,0 mm	Altura: 1,40 m	4 × 1,40 = 5,6 m × 0,617 kg/m	3,45 kg
Estribos	Aço CA-60 a cada 15 cm	Comprimen- to: 70 cm cada	Total: 6,53 m × 0,154 kg/m	1,0 kg
Paredes (telas)	Tela Q138	2 unidades 2,8 m²	2 × 2,8 m²	5,6 m²
Pilar (concreto)	Concreto 30 MPa		0,2 m × 0,2 m × 1,40 m	0,056 m³
Paredes (argamassa)	Argamassa de revestimento/ estrutura		2,8 m² × 0,07 m	0,19 m³
Piso (telas)	Tela Q196	2 unidades 1,0 m²	2 × 1,0 m²	2,0 m²
Piso (concreto)	Concreto 30 MPa		1,0 m² × 0,1 m	0,1 m³

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Tabela 8 – Levantamento de material utilizado na piscina em argamassa armada.

ITEM	QNT	UND	VALOR UNI	TOTAL
CONCRETO 30MPA	0,156	m³	625,63	97,5983
VERGALHÃO DE AÇO CA-50 10.0	3,45	KG	6,31	21,7695
VERGALHÃO DE AÇO CA-60 5.0	1	KG	7,72	7,72
TELA Q138	5,6	m²	17,28	96,768
TELA Q196	2	m²	25,98	51,96
			TOTAL	275,816

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

CONCLUSÕES

Portanto, conclui-se que, tanto a estrutura em concreto armado, como a estrutura mista de argamassa armada nas paredes e concreto armado conseguem ser bastante eficiente quanto ao esforços que se foi solicitado.

Ao fim do trabalho foi constatado que a estrutura mista da piscina em argamassa armada possui uma economia de 42,72% com relação a estrutura da piscina em concreto armado.

Grande parte da economia se deve ao menor uso de concreto. Em estruturas totalmente de concreto, toda a parede e o fundo utilizam esse material, enquanto nas piscinas mistas, o uso de pilares a cada 1,5 m diminui os momentos positivos e, conseqüentemente, a quantidade de concreto, que é o componente mais caro.

Além disso, a utilização reduzida de vergalhões para telas aumenta a produtividade e diminui o risco de fissuras, já que o aço está melhor distribuído na seção.

Entretanto, a estrutura de concreto armado mesmo sendo mais cara possui algumas vantagens, pois não demanda uma mão de obra especializado por ser uma tecnica mais popular no mercado, se criado um sistema de reproveitamento de forma, também pode ser bastante lucrativo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. **Projeto estrutural de edifícios de concreto armado**: um exemplo completo. 4. ed. Rio Grande, RS: Editora Dunas, 2021.

ARAÚJO, J. M. **Curso de Concreto Armado**. 5. ed. Rio Grande, RS: Editora Dunas, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Construções de argamassa armada**. 3. ed. São Paulo: ABCP, 1996. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/ARG_ARM_BT-126_Construcoes_argamassa_armada.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1940.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.339**: Projeto e execução de piscina: Sistema de recirculação e tratamento. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11.173**: Projeto e execução de argamassa armada. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

BALLARIN, Adriano Wagner.

Argamassa armada: definição, histórico e desenvolvimento. 2. ed. São Paulo: ABCP, 1999. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/ARG_ARM_ET-88_definicao_historico_desenvolvimento.pdf. Acesso em: 13 nov. 2023.

LEONHARDT, Fritz. **Construções de concreto**. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 1978. v. 2. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/402549507/LEONHARDT-1978-Construcoes-de-Concreto-Vol-2-pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

PANZETTI, Vinicius Agnelli. **Análise e dimensionamento de reservatório enterrado em estrutura de argamassa armada sobre solo coeso argilo-arenoso**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1346860?guid=1766275205966&returnUrl=%2Fresultado%2Flistar%3Fguid%3D1766275205966%26quantidadePaginas%3D1%26codigoRegistro%3D1346860%231346860&i=20>. Acesso em: 12 nov. 2023.