

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A obra refere-se a uma estrutura projetada em concreto armado. O projeto é composto por pavimentos conforme descrito na tabela a seguir.

Pavimentos da estrutura:

Pavimento	Altura (cm)	Nível (cm)
Tampa Reservatório	225	550
Cobertura	315	325
Baldrame	150	10

O objetivo desta memória de cálculo é apresentar as especificações de materiais, critérios de cálculo, o modelo estrutural e os principais resultados de análise e dimensionamento dos elementos da estrutura em concreto armado.

2. NORMAS RELACIONADAS AO PROJETO

Os principais critérios adotados neste projeto, referente aos materiais utilizados e dimensionamento das peças de concreto seguem prescrições normativas.

Normas:

- ABNT NBR 6118:2007 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento
- ABNT NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações
- ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação
- ABNT NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

3. CRITÉRIOS PARA DURABILIDADE

Visando garantir a durabilidade da estrutura com adequada segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente a vida útil da estrutura, foram adotados critérios em relação à classe de agressividade ambiental e valores de cobrimentos das armaduras, conforme apresentado nas tabelas a seguir.

Classe de agressividade ambiental adotada:

Pavimento	Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Risco de deterioração da estrutura
Todos	III	forte	grande

Cobrimentos das armaduras:

Elemento	Cobrimento
	(cm)
Vigas	4.00
Pilares	4.00
Lajes	3.50
Sapatas	4.00

3.1 Propriedades do concreto

O concreto considerado neste projeto e que será empregado na construção deve atender as características da tabela a seguir.

Características do concreto:

Elemento	fck (kgf/cm ²)	Ecs (kgf/cm ²)	fct (kgf/cm ²)	Abatimento (cm)
Vigas	300	260716	29	8.00
Pilares	300	260716	29	8.00
Lajes	300	260716	29	8.00
Sapatas	200	212874	22	8.00

3.2 Propriedades do aço

O aço considerado neste projeto para dimensionamento das peças em concreto armado e que será empregado na construção deve atender as características da tabela a seguir:

Características do aço:

Categoria	Massa específica (kgf/m ³)	Módulo de elasticidade (kgf/cm ²)	fyk (kgf/cm ²)
CA50	7850	2100000	5000
CA60	7850	2100000	6000

4. AÇÕES DE CARREGAMENTO

Os coeficientes de ponderação das ações utilizados foram:

Coeficientes de ponderação das ações:

Ação	Coeficientes de ponderação			Fatores de combinação			
	Desfavorável	Favorável	Fundações	Construção	Psi0	Psi1	
Peso próprio (G1)	1.30	1.00	1.00	1.30	-	-	-
Adicional (G2)	1.40	1.00	1.00	1.30	-	-	-
Solo (S)	1.40	1.00	1.00	1.30	-	-	-
Acidental (Q)	1.40	-	1.00	1.20	0.70	0.60	0.40
Água (A)	1.10	-	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00
Vento X+ (V1)	1.40	-	1.00	0.00	0.60	0.30	0.00
Vento X- (V2)	1.40	-	1.00	0.00	0.60	0.30	0.00
Vento Y+ (V3)	1.40	-	1.00	0.00	0.60	0.30	0.00

Ação	Coeficientes de ponderação			Fatores de combinação			
	Desfavorável	Favorável	Fundações	Construção	Psi0	Psi1	Psi2
Vento Y- (V4)	1.40	-	1.00	0.00	0.60	0.30	0.00
Desaprumo X+ (D1)	1.20	1.00	1.00	0.00	-	-	-
Desaprumo X- (D2)	1.20	1.00	1.00	0.00	-	-	-
Desaprumo Y+ (D3)	1.20	1.00	1.00	0.00	-	-	-
Desaprumo Y- (D4)	1.20	1.00	1.00	0.00	-	-	-

4.1 Carregamentos das lajes

Pavimento Baldrame

Lajes						
Dados					Sobrecarga (kgf/m ²)	
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Peso próprio (kgf/m ²)	Total	Localizada
L1	Treliçada 1D	17	0	366	300	-
L2	Treliçada 1D	17	0	360	300	-
L3	Treliçada 1D	17	0	366	300	-
L4	Pré-moldada	13	0	284	300	-
L5	Pré-moldada	13	0	284	300	-
L6	Pré-moldada	17	0	360	300	-
L7	Pré-moldada	13	0	284	300	-
L8	Pré-moldada	13	0	284	300	-
L9	Pré-moldada	13	0	284	300	-
L10	Pré-moldada	13	0	284	300	-
L11	Pré-moldada	13	0	284	300	-
L12	Treliçada 1D	17	0	360	300	-
L13	Pré-moldada	13	0	284	300	-
L14	Pré-moldada	13	0	284	300	-

Pavimento Cobertura

Lajes						
Dados					Sobrecarga (kgf/m ²)	
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Peso próprio (kgf/m ²)	Total	Localizada
L1	Pré-moldada	13	-30	284	150	sim (ver forma)
L2	Maciça	13	-30	325	150	-
L3	Pré-moldada	13	0	284	150	-
L4	Pré-moldada	13	-30	284	150	-
L5	Pré-moldada	13	-30	284	150	-
L6	Pré-moldada	17	0	360	130	-
L7	Pré-moldada	13	-30	284	150	sim (ver forma)
L8	Maciça	13	-30	325	150	-
L9	Pré-moldada	13	0	284	150	-
L10	Pré-moldada	17	0	360	150	sim (ver forma)
L11	Pré-moldada	13	-30	284	150	sim (ver forma)
L12	Pré-moldada	13	-30	284	150	-
L13	Pré-moldada	13	-30	284	150	-
L14	Pré-moldada	13	-30	284	150	-
L15	Pré-moldada	13	0	284	150	-
L16	Maciça	12	0	300	250	-
L17	Pré-moldada	13	0	284	150	-
L18	Pré-moldada	13	-30	284	150	-
L19	Treliçada 1D	13	0	287	150	-
L20	Treliçada 1D	17	0	360	150	-
L21	Pré-moldada	13	0	284	150	-
L22	Maciça	12	0	300	250	sim (ver forma)
L23	Pré-moldada	13	0	284	150	-
L24	Pré-moldada	13	0	284	150	-

Lajes						
Dados					Sobrecarga (kgf/m ²)	
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Peso próprio (kgf/m ²)	Total	Localizada
L25	Pré-moldada	13	0	284	150	-
L26	Treliçada 1D	13	0	284	150	-
L27	Pré-moldada	13	0	284	150	-

Pavimento Tampa Reservatório

Lajes						
Dados					Sobrecarga (kgf/m ²)	
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Peso próprio (kgf/m ²)	Total	Localizada
L1	Pré-moldada	13	0	160	150	-

4.2 Cargas de parede

Propriedades das paredes:

Pavimentos	Paredes	
	Espessura (cm)	Peso específico (kgf/m ³)
Baldrame	15.00	1300.00
Cobertura	15.00	1300.00

4.3 Ação do vento

O efeito do vento sobre a edificação é avaliado a partir de diversos parâmetros que permitem definir as forças aplicadas sobre a estrutura.

Parâmetros adotados para consideração do vento:

Parâmetros	Valor adotado	Observações
Velocidade	43.00m/s	-
Nível do solo (S2)	100.00cm	-
Maior dimensão horizontal ou vertical (S2)	Menor que 20 m	-
Rugosidade do terreno (S2)	Categoria II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.
Fator topográfico (S1)	1.0	Demais casos.
Fator estatístico (S3)	1.00	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.

Parâmetros	Valor adotado	Observações	
Ângulo do vento em relação à horizontal	0°		✘
Direções de aplicação do vento	Vento X+ (V1) Vento X- (V2) Vento Y+ (V3) Vento Y- (V4)	Ver ações.	

As forças estáticas devido ao vento foram calculadas para cada direção a partir dos parâmetros definidos, conforme apresentado na tabela a seguir.

Forças estáticas aplicadas nos pavimentos da estrutura devido ao vento:

Pavimento	Fachada X (cm)	Fachada Y (cm)	Nível (cm)	S2	Coef. Arrasto X	Coef. Arrasto Y	Força X (tf)	Força Y (tf)
Tampa Reservatório	371.50	288.00	550.00	0.92	1.23	1.11	0.51	0.35
Cobertura	1052.50	2030.00	325.00	0.85	0.78	1.16	1.36	3.44
Baldrame	937.00	1882.00	10.00	0.40	0.77	1.17	0.10	0.29

5. Imperfeições globais

Imperfeições geométricas globais devido ao desaprumo dos elementos verticais para verificação do estado limite último da estrutura.

Parâmetros adotados para consideração das imperfeições globais:

Parâmetros	Valor adotado	Observações
Direções de aplicação	Direção X Direção Y	Ver ações.

5.1 Modelo de análise

A análise da estrutura foi realizada a partir da criação de um modelo de pórtico, sendo a estrutura formada por pilares e vigas admitidos como elementos lineares representados por seus eixos longitudinais. A modelagem das lajes de concreto do pavimento foi realizada pelo processo da analogia de grelha, onde as lajes são discretizadas em faixas substituídas por

elementos estruturais de barras, obtendo-se assim uma grelha de barras plana interconectadas.

5.2 Verificação de estabilidade global

A análise global da estrutura é um importante instrumento de avaliação da estrutura, permitindo também avaliar a importância dos esforços de segunda ordem globais. Os parâmetros para avaliação de estabilidade global (Gama-Z e P-Delta), quando aplicáveis, poderão ser verificados nos resultados da análise.

5.3 Não linearidade física

Para consideração aproximada da não linearidade física considerou-se a rigidez dos elementos estruturais conforme apresentado na tabela a seguir:

Valores adotados para consideração da não-linearidade física:

Rigidez das vigas: 0.70 Eci.Ic

Rigidez dos pilares: 0.70 Eci.Ic

Rigidez das lajes: 0.30 Eci.Ic

6. FUNDAÇÃO

O projeto estrutural apresenta uma opção em fundação profunda e outra em fundação rasa. O tipo de fundação deverá ser definido em função do laudo de sondagem do solo (SPT), realizado antes da inicialização da obra, visando melhor custo e segurança.

A fundação rasa foi dimensionada considerando um solo arenoso com uma pressão admissível de 1,5Kgf/cm², peso específico de 1600Kgf/m³ e redutor do atrito de 0,67. Caso seja optado por esse tipo de fundação e o solo apresente uma pressão admissível menor que 1,5Kgf/cm², a fundação deverá ser redimensionada.

A fundação profunda foi dimensionada para estacas pré-moldadas, sendo especificado no projeto o tipo de estaca e a armadura dos blocos.

7. RECOMENDAÇÕES

7.1 Armaduras

As barras de aço utilizadas para as armaduras das peças de concreto armado, bem como sua montagem, deverão atender às prescrições das Normas Brasileiras que regem o assunto, a saber: NBR-7187 e NBR-7480.

De modo geral, as barras de aço deverão apresentar suficiente homogeneidade quanto às suas

características geométricas. Não deverão apresentar, também, defeitos tais como bolhas, fissuras, esfoliações e corrosão.

Os aços estruturais deverão ser depositados em pátios cobertos com pedrisco e colocados sobre travessas de madeira.

Todos os materiais deverão ser agrupados por categorias, por tipo e por lote. O critério de estocagem deverá permitir a utilização em função da ordem cronológica de entrada.

É obrigatória a utilização de espaçadores entre forma e armação para garantir os cobrimentos de projeto.

7.1.1 Limpeza

As barras de aço deverão ser convenientemente limpas de qualquer substância prejudicial à aderência, do concreto e de vestígios de oxidação (ferrugem).

A limpeza da armação deverá ser feita fora das respectivas formas. Quando feita em armaduras já montadas em formas, deverá ser executada de modo a garantir que os materiais provenientes desta limpeza não permaneçam retidos nas formas.

7.1.2 Dobramento

O dobramento das barras, inclusive para ganchos, deverá ser feito com os raios de curvatura respeitando os mínimos estabelecidos nos itens 6.3.4.1 e 6.3.4.2 da NBR-6118.

As barras de aço serão sempre dobradas a frio. As barras não poderão ser dobradas junto às emendas com solda.

7.1.3 Emendas

As emendas por transpasse deverão ser executadas conforme o detalhamento do projeto estrutural.

7.1.4 Fixadores e Espaçadores

Para manter o posicionamento da armadura, nas operações de montagem, lançamento e adensamento de concreto, deverão ser utilizados fixadores e espaçadores, para que fique garantido o recobrimento mínimo preconizado no projeto e que essas peças sejam totalmente envolvidas pelo concreto, de modo a não provocarem manchas ou deterioração nas superfícies externas.

7.1.5 Montagem

Deverão ser obedecidas as prescrições do item 10.5 da NBR-6118 para a montagem das armaduras.

7.1.6 Proteção

Antes e durante o lançamento do concreto, as plataformas de serviços deverão estar dispostas de modo a não acarretar deslocamento das armaduras.

As barras de espera deverão ser protegidas contra a oxidação, por meio de pintura com nata de cimento ou zarcão. Ao ser retornada a concretagem as barras de espera deverão ser limpas de

modo a permitir uma boa aderência.

7.2 Lajes Pré-fabricadas

Deverão ser utilizadas lajes do tipo Treliçada em concreto ou pré-moldadas, conforme especificado no projeto, com enchimento em blocos de cerâmicos, Caberá ao fornecedor da laje determinar, em função da sobrecarga e vão da laje, a distância entre os eixos das vigotas e suas armaduras positiva e negativa.

7.2.1 Montagem e Execução

Para a montagem, colocam-se as vigotas e os blocos cerâmicos escorando-se o conjunto. Antes de se concretar as lajes, deve-se molhar intensamente as vigotas e os blocos para evitar que absorvam a água do concreto novo. Deve-se iniciar a colocação de cada vão apoiando no mínimo 5 cm na viga que serve de apoio das nervuras.

O escoramento da laje deverá obedecer às recomendações do fabricante.

As escoras deverão estar apoiadas em base bem firme, para que não haja recalque durante a concretagem.

Deverão ser colocadas as vigotas com os números indicados nas extremidades de um mesmo lado do vão.

O concreto deverá ser lançado preenchendo os espaços entre as vigotas e as nervuras e formando o capeamento da laje.

7.3 Concretagem

O concreto deverá ter resistência conforme o especificado no projeto estrutural, e deverá ser impermeável: a areia e brita utilizados não poderão provocar reações álcali-agregado com o cimento, nem conter materiais orgânicos, ou argilosos, e a utilização de aditivos só poderá ser feito se comprovadamente não ataquem o aço ou o concreto.

A água a ser utilizada deverá ser de acordo com as normas vigentes, não podendo conter excesso de íons cloretos ou sulfatos.

A relação água/cimento em massa deverá ser igual a 0,55 para os elementos estruturais.

A concretagem só poderá ser iniciada após a colocação previa de todas as tubulações e outros elementos exigidos pelo projeto.

Não será admitido o lançamento do concreto de altura superior a 2 m.

7.3.1 Cura da laje

As lajes deverão sofrer cura úmida por no mínimo 10 dias consecutivos, começando logo após o concreto adquirir dureza superficial.

7.3.2 Preparo do Concreto

Em princípio, o concreto a ser utilizado na obra será fornecido pré-misturado por empresa especializada, em caminhões betoneira, devendo os materiais utilizados atender às condições desta especificação. Para pequenos volumes, para utilização em peças não estruturais, o concreto poderá ser preparado na própria obra, em central ou betoneira.

O concreto pré-misturado será transportado em caminhões betoneira, equipados com contadores de voltas localizados onde se possa fazer uma fácil leitura.

Junto com cada carregamento, o fornecedor deverá enviar os dados de volume e tipo de concreto e outros dados que forem exigidos pela fiscalização.

Após a chegada do caminhão betoneira à obra, será adicionada água e o tambor deverá dar 30 voltas antes da descarga. Em nenhum caso poderá decorrer mais de uma hora desde a adição da água até o final do lançamento do concreto.

Na preparação do concreto na obra, tanto em betoneira quanto em central, os componentes deverão ser medidos em peso e separadamente.

Ficará a critério da fiscalização aceitar a mistura e o amassamento manual de volume de concreto inferiores a 0,25m³. Em caso de aceitação, deverá ser observada a NBR-6118.

7.3.3 Controle

Deverão ser retirados corpos de prova para o controle do concreto pré-misturado, de acordo com as normas pertinentes ao assunto.

7.3.4 Transporte

O transporte do concreto do local do amassamento até o local de lançamento poderá ser feito manualmente, por calhas inclinadas, por meios mecânicos, ou bombeamento.

7.3.5 Lançamento

O início de cada operação de lançamento está condicionado a realização dos ensaios de abatimento (“Slump Test”) pela construtora, em cada betonada ou caminhão betoneira.

O concreto só será lançado depois que todo o trabalho de formas, instalação de peças embutidas e preparação das superfícies esteja inteiramente concluído.

Todas as superfícies e peças embutidas que tenham sido incrustadas com argamassa proveniente de concretagem deverão ser limpas antes que o concreto adjacente ou de envolvimento seja lançado.

O concreto deverá ser depositado nas formas, tanto quanto for possível praticar, diretamente em sua posição final, e não deverá fluir de maneira a provocar sua segregação.

O lançamento será contínuo e conduzido de forma a não haver interrupções superiores ao tempo de pega de concreto.

O lançamento do concreto nas formas só poderá ser autorizado pelo profissional responsável após a verificação e aprovação de:

- geometria, prumos, níveis, alinhamentos e medidas das formas;
- montagem correta e completa das armaduras, bem como a suficiência de suas amarrações;
- montagem completa das peças embutidas na estrutura, como tubulações, eletrodutos e chumbadores;
- estabilidade, resistência e rigidez dos escoramentos e seus apoios;
- limpeza rigorosa das formas e armaduras; e
- vedação das formas.

7.3.6 Adensamento

Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deverá ser vibrado continuamente com equipamento adequado à sua trabalhabilidade.

O adensamento será executado de modo que o concreto preencha todos os vazios em fôrmas.

Durante o adensamento, tomar as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais. Evitar a vibração de armadura para que não se formem vazios em seu redor, com prejuízo de aderência.

O adensamento de concreto se fará por meio de equipamentos mecânicos, através de vibradores de imersão, de configuração e dimensões adequadas às várias peças a serem preenchidas.

Observar as prescrições do item 13.2.2 da NBR-6118

7.3.7 Cura do Concreto

Depois de lançado nas formas e durante o período de endurecimento, o concreto deverá ser protegido contra chuvas, secagem, mudanças bruscas de temperatura, choques e vibrações que possam produzir fissuras ou prejudicar a aderência com a armadura, devendo-se adotar os procedimentos de cura do concreto, de acordo com a NBR-6118.

3.4.8 Reparos

No caso de falhas nas peças concretadas, deverão ser providenciadas medidas corretivas, compreendendo demolição, remoção do material demolido e recomposição, com emprego de materiais adequados a serem aprovados pelo engenheiro responsável. O autor do projeto estrutural deverá ser consultado quando for o caso do surgimento de defeitos graves.

3.5 Retirada das formas e escoramentos

A retirada de formas e do escoramento só poderá ser feita quando o concreto tiver resistência suficiente para resistir às cargas atuantes na época e seu módulo de elasticidade tiver valor compatível com os deslocamentos avaliados.

A retirada das fôrmas e escoramentos não deverá acontecer antes de:

- para faces laterais de vigas e pilares: 03 (três) dias;
- para faces inferiores de vigas e lajes, no caso das lajes com reescoramento previamente posicionado com o uso de tiras de reescoramento, com escoras bem encunhadas e convenientemente espaçadas : 14 (quatorze) dias;
- para faces inferiores de vigas e lajes sem reescoramento: 21 (vinte e um) dias

8. RESUMO DE MATERIAIS

Resumo de Materiais (Moldados in Loco)

Pavimento	Elemento	Peso do aço +10 % (kg)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Consumo de aço (kg/m³)	Peso treliças (kg)
Tampa Reservatório	Vigas	32.9	0.6	10.1	54.3	
	Pilares	40.7	0.4	8.1	100.6	
	Lajes	0.0	0.5	0.0	0.0	
	Escadas	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Fundações	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Reservatórios	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Muros	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Total	73.7	1.5	18.2	50.0	0.0
Cobertura	Vigas	641.3	8.4	129.1	76.3	
	Pilares	339.9	3.9	71.6	87.6	
	Lajes	494.5	9.7	10.8	51.2	
	Escadas	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Fundações	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Reservatórios	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Muros	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Total	1475.7	21.9	211.4	67.3	0.0
Baldrame	Vigas	490.6	7.9	124.7	62.0	
	Pilares	151.2	1.3	23.2	118.3	
	Lajes	210.6	9.8	0.0	21.4	
	Escadas	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Fundações	252.3	7.1	19.5	35.3	
	Reservatórios	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Muros	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Total	1104.6	26.2	167.4	42.2	0.0

Aço	Diâmetro	Peso + 10 % (kg)							Total
		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Reservatórios	Muros	
CA50	6.3	7.3		45.3					52.6
CA50	8.0	385.7		99.6		212.3			697.6
CA50	10.0	350.8	352.3	435.5		40.0			1178.7
CA50	12.5	143.9	39.4						183.3
CA60	5.0	277.1	140.1	124.7					541.8

		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Reservatórios	Muro	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	887.8	391.7	580.4		252.3			2112.2
	CA60	277.1	140.1	124.7					541.8
	Total	1164.8	531.8	705.1		252.3			2654.0
Volume concreto (m³)	C-20					7.1			7.1
	C-30	16.9	5.6	19.9					42.4
	Total	16.9	5.6	19.9		7.1			49.6
Área de forma (m²)		263.9	102.8	10.8		19.5			397.1
Consumo de aço (kgf/m³)		68.8	95.6	35.4		35.3			53.5

Resumo de Materiais (Pré-Moldados)

Blocos de enchimento						
Pavimento	Tipo	Nome	Dimensões(cm)			Quantidade
			hb	bx	by	
Baldrame	Lajota cerâmica	B12/30/20	12	30	20	1106
	Lajota cerâmica	B12/30/20	12	30	20	154
	Lajota cerâmica	B8/25/20	8	25	20	635
Cobertura	Lajota cerâmica	B8/25/20	8	25	20	142
	Lajota cerâmica	B8/25/20	8	25	20	1137
	Lajota cerâmica	B12/30/20	12	30	20	704
	Lajota cerâmica	B12/30/20	12	30	20	56
Tampa Reservatório	EPS Unidirecional	B8/40/40	8	40	40	56