PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO

SUBESTAÇÃO SESC TUBARÃO

Celso Zanoni Filho
Engenheiro Civil
CREA/SC 61.511-0

ÍNDICE

1. FICHA TÉCNICA 3
2. MEMORIAL DE CÁLCULO 4
2.1. VERSÃO DO PROGRAMA E NÚMERO DA LICENÇA 4
2.2. DADOS GERAIS DA ESTRUTURA 4
2.3. NORMAS CONSIDERADAS 4
2.4. AÇÕES CONSIDERADAS 4
2.4.1. Verticais 4
2.4.2. Vento 4
2.4.3. Sismo 4
2.4.4. Hipóteses/ações de carga 4
2.4.5. Relatório de cargas 5
2.5. ESTADOS LIMITES 5
2.6. SITUAÇÕES DE PROJETO 5
2.6.1. Coeficientes parciais de segurança (g) e coeficientes de combinação (y) 6
2.6.2. Combinações 7
2.7. DADOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS E PISOS 7
2.8. DADOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PILARES-PAREDES E CORTINAS 7
2.8.1. Pilares 7
2.9. DIMENSÕES, COEFICIENTES DE ENGASTAMENTO E COEFICIENTES DE FLAMBAGEM PARA CADA PISO 8
2.10. RELATÓRIO DE PANOS 9
3. MATERIAIS UTILIZADOS 9
3.1.1. Concretos 9
3.1.2. Aços por elemento 9
3.1.2.1. Aços em barras 9
4. PROCEDIMENTOS DE PROJETO 10
5. A ESTRUTURA 12
5.1. Concepção 12
5.2. Carregamento 12
5.3. Vigas 12
5.4. Pilares 13

5.5. Fundações 13
5.6. Concreto 13
5.7. Lajes 13
6. RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS 14
6.1. Cura e proteção do concreto 14
6.2. Formas 15
6.3. Escoramento 16
6.4. Descimbramento e desforma 17

1. FICHA TÉCNICA

O presente memorial tem por objetivo fornecer informações a respeito do Projeto Estrutural em Concreto Armado da construção da subestação do SESC de Tubarão.

Deste modo, relacionamos abaixo os referidos elementos.

- Obra: Subestação SESC Tubarão
- Proprietário: SESC SC
- Local: Rua Antonio Hulse, 411 – Dehon - Tubarão/SC

Todo o desenvolvimento do presente Projeto Estrutural baseou-se nos elementos fornecidos pelo Projeto Arquitetônico, sendo que as soluções estruturais foram adotadas em comum acordo com o cliente.

O Projeto Executivo contém todos os desenhos e detalhes construtivos do Projeto Estrutural.

O presente Memorial Descritivo apresenta comentários sumários sobre o conceito do projeto, os procedimentos adotados para a elaboração do mesmo, além dos procedimentos executivos a serem observados quando da aplicação dos materiais componentes da estrutura.

2. MEMORIAL DE CÁLCULO

2.1. VERSÃO DO PROGRAMA E NÚMERO DA LICENÇA

Versão: 2024.f

Número de licença: 161730

2.2. DADOS GERAIS DA ESTRUTURA

Projeto: Subestação SESC Tubarão

Chave: Subestação SESC Tubarão

2.3. NORMAS CONSIDERADAS

Concreto: ABNT NBR 6118:2023 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento

Fundações: ABNT NBR 6122:2019 - Projeto e execução de fundações

Categoria de uso: Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público

2.4. AÇÕES CONSIDERADAS

2.4.1. Verticais

Piso	S.C.U (t/m²)	C. permanentes (t/m²)
Cobertura	0.10	0.10
Parede baixa	0.10	0.10
Térreo	0.10	0.10
Fundação	0.10	0.10

2.4.2. Vento

Sem ação de vento

2.4.3. Sismo

Sem ação de sismo

2.4.4. Hipóteses/ações de carga

Automáticas	Peso próprio Cargas permanentes Sobrecarga

2.4.5. Relatório de cargas

Cargas especiais introduzidas (em t, t/m e t/m²)

Grupo	Hipótese	Tipo	Valor	Coordenadas
Térreo	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-6.07,12.38) (-3.59,12.38)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-3.59,12.38) (-1.12,12.38)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-1.12,12.30) (-1.12,10.02)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-1.12,10.02) (-1.12,7.77)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-1.12,7.77) (-1.12,5.62)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-1.12,5.62) (-1.12,2.16)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-1.12,2.08) (-3.59,2.08)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-3.59,2.08) (-6.07,2.08)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-6.07,2.16) (-6.07,5.54)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-6.07,5.54) (-6.07,8.92)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-6.07,8.92) (-6.07,12.30)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-3.86,3.75) (-1.12,3.75)
	Cargas permanentes	Linear	0.55	(-3.86,5.70) (-1.12,5.70)
	Cargas permanentes	Linear	0.45	(-3.86,7.85) (-1.12,7.85)
	Cargas permanentes	Linear	0.45	(-3.86,10.10) (-1.12,10.10)

2.5. ESTADOS LIMITES

E.L.U. Concreto E.L.S. Fissuração. Concreto E.L.U. Concreto em fundações E.L.S. Fissuração. Concreto em fundações	ABNT NBR 6118:2023(ELU)
Tensões sobre o terreno	Tensões sobre o terreno - Ações de cálculo
Deslocamentos	Ações características

2.6. SITUAÇÕES DE PROJETO

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- **Com coeficientes de combinação**

- **Sem coeficientes de combinação**

- Onde:

G_k Ação permanente
P_k Ação de pré-esforço
Q_k Ação variável
γ_G Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes
γ_P Coeficiente parcial de segurança da ação de pré-esforço
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento
$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinação da ação variável principal
$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

2.6.1. Coeficientes parciais de segurança (g) e coeficientes de combinação (y)

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:

E.L.U. Concreto: ABNT NBR 6118:2014

E.L.U. Concreto em fundações: ABNT NBR 6118:2014

Situação 1				
	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.400	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.400	1.000	0.700

E.L.Util Fissuração. Concreto: ABNT NBR 6118:2014

Situação 1				
	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.600	0.400

Tensões sobre o terreno

Ações variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais de segurança (γ)	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

Deslocamentos

Ações variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais de segurança (γ)	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

2.6.2. Combinações

Nomes das ações

PP Peso próprio
CP Cargas permanentes
Qa Sobrecarga

- **E.L.U. Concreto**
- **E.L.U. Concreto em fundações**

Comb.	PP	CP	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.400	1.400	
3	1.000	1.000	1.400
4	1.400	1.400	1.400

E.L.Util. Fissuração. Concreto

Comb.	PP	CP	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	0.600

- **Tensões sobre o terreno**
- **Deslocamentos**

Comb.	PP	CP	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

2.7. DADOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS E PISOS

Grupo	Nome do grupo	Piso	Nome piso	Altura	Cota
3	Cobertura	3	Cobertura	0.75	3.45
2	Parede baixa	2	Parede baixa	2.40	2.70
1	Térreo	1	Térreo	1.50	0.30
0	Fundação				var

2.8. DADOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PILARES-PAREDES E CORTINAS

2.8.1. Pilares

GI: grupo inicial

GF: grupo final

Ang: ângulo do pilar em graus sexagesimais

Dados dos pilares

Referência	Coord(P.Fixo)	GI- GF	Vinculação exterior	Ang.	Ponto fixo	Altura de apoio
P1	(-6.14, 12.45)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Can. sup. esq.	0.30
P2	(-3.59, 12.45)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Metade superior	0.30
P3	(-1.05, 12.45)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Can. sup. dir.	0.30
P4	(-1.05, 10.17)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Can. sup. dir.	0.30
P5	(-4.01, 10.10)	0-2	Com vinculação exterior	0.0	Metade esquerda	0.30
P6	(-6.14, 8.92)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Metade esquerda	0.30
P7	(-1.05, 7.92)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Can. sup. dir.	0.30
P8	(-4.01, 7.85)	0-2	Com vinculação exterior	0.0	Metade esquerda	0.30
P9	(-1.05, 5.77)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Can. sup. dir.	0.30
P10	(-4.01, 5.70)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Metade esquerda	0.30
P11	(-6.14, 5.54)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Metade esquerda	0.30
P12	(-4.01, 3.75)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Metade esquerda	0.30
P13	(-6.14, 2.01)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Can. inf. esq.	0.30
P14	(-3.59, 2.01)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Metade inferior	0.30
P15	(-1.05, 2.01)	0-3	Com vinculação exterior	0.0	Can. inf. dir.	0.30

2.9. DIMENSÕES, COEFICIENTES DE ENGASTAMENTO E COEFICIENTES DE FLAMBAGEM PARA CADA PISO

P13, P15, P1, P3, P11, P9						
Piso	Dimensões (cm)	Coeficiente de engastamento		Coeficiente de flambagem		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
3	14x30	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
2	14x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
1	14x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

P14, P2						
Piso	Dimensões (cm)	Coeficiente de engastamento		Coeficiente de flambagem		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
3	35x14	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
2	35x14	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
1	35x14	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

P6, P4, P7						
Piso	Dimensões (cm)	Coeficiente de engastamento		Coeficiente de flambagem		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
3	14x35	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00

P6, P4, P7						
Piso	Dimensões (cm)	Coeficiente de engastamento		Coeficiente de flambagem		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
2	14x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
1	14x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

P12, P10						
Piso	Dimensões (cm)	Coeficiente de engastamento		Coeficiente de flambagem		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
3	26x14	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
2	26x14	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
1	26x14	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

P8, P5						
Piso	Dimensões (cm)	Coeficiente de engastamento		Coeficiente de flambagem		Coeficiente de rigidez axial
		Ext.Superior	Ext.Inferior	X	Y	
2	26x14	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
1	26x14	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

2.10. RELATÓRIO DE PANOS

Tipos de lajes consideradas

Nome	Descrição
L1/L2	LAJE MACIÇA H=12cm

3. MATERIAIS UTILIZADOS

3.1.1. Concretos

Elemento	Concreto	f_{ck} (kgf/cm²)	γ_c	Agregado		E_c (kgf/cm²)
				Natureza	Tamanho máximo (mm)	
Todos	C20, em geral	204	1.40	Granito	25	216993

3.1.2. Aços por elemento

3.1.2.1. Aços em barras

Elemento	Aço	f_{yk} (kgf/cm²)	γ_s
Todos	CA-50 e CA-60	5097 a 6116	1.15

4. PROCEDIMENTOS DE PROJETO

A primeira fase do projeto é a concepção da estrutura. Nesta etapa é analisado o Projeto Arquitetônico em seu conjunto e definido o tipo de estrutura mais adequado. São levadas em consideração também, as sistemáticas construtivas usuais do contratante de modo a se projetar uma estrutura que melhor se adapte às mesmas.

Uma vez definido o tipo de estrutura a ser utilizada, é feito o lançamento da mesma, quando são definidos os posicionamentos de pilares, vigas, eventuais transições, etc, tudo isso de forma a proporcionar a melhor compatibilidade possível entre a estrutura e a arquitetura. De maneira geral, salvo orientação em contrário, procura-se sempre evitar que a estrutura se destaque mantendo-a tanto quanto possível embutida nas paredes, evitando-se ao máximo requadros e mochetas, porém nem sempre isso é possível.

O lançamento da estrutura é feito por intermédio de software específico, utilizando-se os arquivos de desenho da arquitetura e, sobre estes, lançando-se diretamente a estrutura em ambiente gráfico.

Ainda na fase de lançamento, são levados em consideração a operacionalidade e racionalidade executivas, a fim de que se tenha um resultado final que satisfaça não apenas aos esforços verificados na estrutura, mas que proporcione à mesma o máximo de economia e facilidade executiva, atendendo aos padrões mínimos de segurança.

A análise das solicitações realiza-se através de um cálculo espacial em 3D, por métodos matriciais de rigidez, considerando todos os elementos que definem a estrutura: pilares, paredes, cortinas, vigas e lajes. Estabelece-se a compatibilidade de deformações em todos os nós, considerando 6 graus de liberdade, e cria-se a hipótese de indeformabilidade do plano de cada piso, para simular o comportamento rígido da laje, impedindo os deslocamentos relativos entre os nós do mesmo (diafragma rígido). Por isso, cada piso apenas poderá rodar e deslocar-se no seu conjunto (3 graus de liberdade).

A consideração de diafragma rígido para cada zona independente de um piso mantém-se, apesar de se introduzirem vigas e de não se introduzirem lajes no piso. Quando num mesmo piso existirem zonas independentes, considerar-se-á cada uma destas como uma parte distinta relativamente à indeformabilidade dessa zona e não se terá em conta no seu conjunto. Por isso, os pisos comportam-se como planos indeformáveis independentes. Um pilar não ligado considera-se zona independente.

Para todos os estados de carga realiza-se um cálculo estático (exceto quando se considerarem ações dinâmicas de sismo, em cujo caso se utiliza a análise modal espectral) e supõe-se um comporta-

mento linear dos materiais e, por isso, um cálculo de primeira ordem, com vista à obtenção de deslocamentos e esforços.

Uma vez lançada a estrutura em si, são computados os carregamentos de vigas e lajes, definindo-se as cargas acidentais, de revestimentos e de paredes de cada um destes elementos.

Todos estes procedimentos são operados diretamente em ambiente gráfico, proporcionando uma perfeita percepção do conjunto da estrutura, de sua interferência com a arquitetura, bem como das cargas atuantes.

Concluído o lançamento, e computadas as cargas atuantes, o pórtico 3D é processado, e os resultados analisados a fim de se detectar os pontos críticos da estrutura. Nesta etapa são analisadas todas as deformações da estrutura, sendo as peças críticas redimensionadas a fim de que as flechas se situem dentro das tolerâncias previstas pela Norma Brasileira. Não raro nesta fase, faz-se necessária a experimentação de diversas soluções, até se encontrar aquela que apresente as menores deformações e o melhor comportamento global.

Ressalte-se que a metodologia utilizada, pelo método matricial de rigidez, permite uma análise bem mais realista do comportamento da estrutura em seu conjunto, ao contrário dos métodos tradicionais que analisam as peças isoladamente e, portanto, não levam em conta os efeitos cumulativos das diferentes peças estruturais.

Uma vez processado o pórtico e obtidos os resultados considerados satisfatórios, passa-se ao refinamento da estrutura, isto é, à análise de cada uma das peças isoladamente, pois não raro ocorrem casos de elementos que, mesmo atendendo às prescrições mínimas de deformações apresentem, por exemplo, armaduras excessivas para efeito construtivo, recomendando-se, portanto, o seu redimensionamento.

Todos os desenhos são desenvolvidos a partir do software de cálculo, e aprimorados por intermédio de softwares específicos de desenho.

Inicialmente são feitas as plantas de locação de pilares e formas dos diferentes pavimentos. Estas plantas, antes de sua impressão final, são impressas em sua versão provisória, para uso interno, quando se procura identificar eventuais falhas nas mesmas.

Definidas as formas, inicia-se o desenho das armaduras das diversas peças estruturais, as quais são obtidas diretamente das formas já devidamente concluídas e revisadas. Nesta fase são feitas as edições de detalhes construtivos, os quais muitas vezes são impossíveis de serem caracterizados na fase de definição da estrutura. Após toda a parte gráfica concluída, é feito um levantamento dos con-

sumos de materiais, com utilização de software desenvolvido especificamente com este objetivo, a fim de se elaborar o Resumo Geral, o qual é apresentado separadamente por pavimentos.

Todo o processo de desenvolvimento do projeto segue metodologia específica, com roteiros, “check lists” e verificações previamente elaborados, a fim de se minimizar a possibilidade de ocorrência de erros.

Além dos elementos gráficos do projeto, é entregue ao contratante uma cópia em CD-ROM de todos os desenhos que compõem o mesmo, para possíveis plotagens futuras, que porventura se façam necessárias. Os arquivos são entregues em formato .dwg, .doc e .pdf, para fins de consulta e plotagem.

5. A ESTRUTURA

5.1. Concepção

Este item tem como objetivo descrever, em linhas gerais, o tipo de estrutura utilizada para o projeto em tela.

Conforme já citado no item 1 deste memorial, a concepção estrutural foi adotada em comum acordo com o Contratante, de tal forma a atender às suas necessidades.

5.2. Carregamento

O projeto, dimensionamento e detalhamento de uma estrutura de concreto armado, tem como objetivo quantificar todas as cargas que possam vir a atuar sobre a estrutura de tal forma que esta, em regime normal de serviço, possa absorver todos estes esforços, dentro de padrões mínimos de segurança.

Os coeficientes de segurança adotados no presente projeto são aqueles preconizados pela NBR 6118/23, e as cargas e pesos específicos dos diversos materiais, baseiam-se nas recomendações da NBR 6120/19.

5.3. Vigas

As vigas foram projetadas com dimensões compatíveis com suas cargas e vãos, de tal forma a absorverem os esforços solicitantes, dentro das prescrições da NBR 6118.

Todos os detalhes das vigas encontram-se nas plantas correspondentes.

5.4. Pilares

Os pilares foram projetados com taxas de armadura variando entre 0,4 e 4%, a fim de atender à prescrição da NBR 6118, que prescreve que os mesmos não poderão ter taxas acima de 8% na região de transpasse, e não inferiores a 0,4% em sua seção normal (armadura mínima).

Os detalhes dos pilares, suas dimensões, armaduras, esperas, etc., estão detalhados nas plantas correspondentes.

5.5. Fundações

Foi utilizada fundação rasa com sapatas isoladas em concreto armado, utilizando tensão admissível de 1,00kg/cm². Deve-se no mínimo atravessar camadas de aterro e chegar ao solo natural que possua esta resistência de projeto.

Mais detalhes no memorial de fundações.

5.6. Concreto

O presente projeto foi calculado prevendo-se utilização de concreto usinado conforme descrito no item 3.1.1.

Recomenda-se a utilização de concreto com fator água/cimento abaixo de 0,55. Todo o concreto deve ser adquirido de concreteiras que forneçam produto de boa qualidade.

De forma independente todo concreto deve ser ensaiado, realizando sua amostragem, coleta e cura de acordo com as normas da ABNT e levados à laboratórios independentes para rompimento e certificação da qualidade do concreto. Também é recomendado que se realize o rastreamento do concreto utilizado, de modo a possibilitar a identificação do local da aplicação de cada carga de concreto utilizada. Isto é necessário pois se acaso algum lote de concreto não atingir a resistência de projeto sabe-se qual seu local de aplicação e estuda-se as possíveis formas de reforço localizado, caso necessário.

5.7. Lajes

A espessura das lajes foi determinada em função da conjugação de cargas e vãos, de tal forma que as deformações das mesmas se situem dentro das prescrições normativas. Todos os detalhes necessários ao correto entendimento das lajes encontram-se nas plantas de detalhamento das mesmas.

Todas as lajes da são maciças.

6. RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS

6.1. Cura e proteção do concreto

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório o concreto deverá ser protegido contra agentes prejudiciais, tais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva torrencial, agente químico, bem como contra choques ou vibrações de intensidade tal que possa produzir fissuração na massa do concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

A cura tem como objetivo principal manter a água de amassamento no interior da massa de concreto durante os primeiros dias, que compreendem a pega e o início do endurecimento, ou até que o desenvolvimento das reações de hidratação tenha alcançado níveis satisfatórios, evitando assim, a formação de fissuras.

Dependendo das condições locais, dimensões e posição dos elementos, pode-se optar entre os seguintes métodos de cura consagrados pela prática:

• lâmina de água: mais adequado para cura de lajes, consiste na manutenção de uma lâmina de água com 3 a 5 centímetros de altura sobre a superfície do concreto;

• camada de areia saturada: também adequado para cura de lajes, consiste na deposição de uma camada de areia com 2 a 3 centímetros de altura sobre a superfície do concreto, que deve ser mantida saturada em água; na retirada, ao final do processo de cura, recomenda-se que se permita a completa secagem da areia, a fim de que o concreto seque de maneira gradativa;

• camada de serragem saturada: também adequada à cura de lajes, consiste na deposição de camada de serragem saturada sobre a superfície do concreto;

• sacos de pano com material úmido: adequado tanto para cura de elementos verticais quanto horizontais, consiste na colocação de panos preenchidos com areia ou serragem, numa altura aproximada de 2 centímetros, devendo os sacos serem mantidos constantemente úmidos;

• sacos de pano úmidos: consiste na colocação de sacos de pano sobre a superfície do concreto, e a manutenção constante de sua umidade;

• membrana de cura: adequadas em casos em que não seja possível a cura úmida, consiste na aplicação de produtos industrializados específicos para este fim, tais como emulsões aquosas, soluções resinosas

ou parafínicas, sobre a superfície do concreto, através de pulverizadores ou rolos de pintura; a vida útil da película varia de 3 a 4 semanas;

• umedecimento das formas; recomendados para elementos com pequena superfície de concreto exposta, tais como pilares e vigas, consiste na constante molhagem das formas, a partir do topo, para impedir a evaporação da água através delas.

A pulverização de água sobre o concreto como método de cura, somente poderá ser empregada quando houver um controle rigoroso de periodicidade entre os períodos de molhagem, sob o risco de ocorrer fissuramento do concreto pela ocorrência de ciclos molhagem/secagem.

No caso de cura úmida, o processo deve iniciar assim que o concreto atingir um grau de endurecimento satisfatório.

Se o processo escolhido for a película de cura, ou cura química, a mesma deve iniciar assim que a água da superfície do concreto secar, sendo tal fato perceptível pelo desaparecimento do brilho característico.

Em superfícies verticais, a cura deve iniciar tão logo sejam retiradas as formas.

6.2. Formas

As formas deverão ser executadas rigorosamente conforme as dimensões indicadas em projeto, com materiais de boa qualidade e adequado ao tipo de acabamento pretendido para as superfícies das peças concretadas.

Tendo em vista que eventuais movimentações das formas que se produzir entre o momento do lançamento do concreto e o início da pega, pode causar o aparecimento de fissuras, as formas deverão ser dimensionadas de modo que não possam sofrer deformações prejudiciais, quer sob a ação dos fatores ambientais, quer sob a carga, especialmente do concreto fresco, considerando nesta o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto.

A NBR 6118/23 recomenda que as formas e escoramentos deverão ser dimensionados e construídos conforme indicações da NB11 e NB14.

As cargas a serem consideradas quando da execução das formas, são as seguintes:

- cargas verticais permanentes - peso próprio do madeiramento de formas, peso do concreto, e das armaduras;
- cargas verticais acidentais - peso dos operários, dos equipamentos, materiais de constru-

ção, sobrecarga do concreto quando do lançamento, etc.;

- cargas horizontais - deve ser considerada a pressão do concreto fresco contra as laterais das formas, a força de expansão do concreto, a pressão do vento e o impacto de equipamentos; deve-se considerar ainda a velocidade e sequência do lançamento.

Para concretos aparentes, deverão ser evitadas formas que apresentem marcas ou irregularidades oriundas da esfoliação de painéis de madeira, e rugosidade excessiva proveniente da ausência de desmoldantes. Deverão ainda ser tomados cuidados nas emendas dos diversos componentes das formas, bem como com o emprego de aditivos desformantes, pois os mesmos poderão vir a causar manchas no concreto.

Devem ser evitadas vibrações excessivas causadas pelo tráfego de veículos, pessoas ou equipamentos sobre as formas, ou ainda pela utilização incorreta de vibradores. É proibida a vibração direto na armadura, pois esta causa a perda de aderência entre a barra e o concreto que já inicia o processo de cura.

Antes do lançamento do concreto as juntas das formas devem ser vedadas, e as superfícies que ficarão em contato com o concreto devem estar isentas de impurezas prejudiciais à qualidade do acabamento. As formas deverão ser molhadas até a saturação.

6.3. Escoramento

Deverá ser executado escoramento, de modo que este não sofra, sob a ação de seu peso, do peso da estrutura, e das cargas acidentais que possam atuar durante o andamento da obra, deformações prejudiciais à forma da estrutura ou que possam causar esforços no concreto na fase de cura.

As escoras deverão ter seção transversal compatível com o espaçamento projetado, sob o risco de ocorrer flambagem das mesmas. No caso de cargas elevadas, recomenda-se aumentar a seção das escoras, ao invés de reduzir o espaçamento entres as mesmas, a fim de não prejudicar as condições de movimentação de pessoal ou equipamentos.

Não devem ser empregados pontaletes de madeira com diâmetro ou menor lado da seção retangular inferior a 10 centímetros para madeiras duras, ou 12 centímetros para madeiras moles.

Os pontaletes com mais de 3 metros de comprimento deverão ser contraventados, para evitar a flambagem. Esta precaução poderá ser dispensada somente se for demonstrada sua desnecessidade.

No caso de escoras apoiadas no solo, e em caso de dúvida quanto à capacidade de suporte

deste, o mesmo deverá ser compactado ou revestido com material resistente.

Deve merecer atenção especial, eventuais necessidades de remoção temporária de escoras para dar acesso a equipamentos ou materiais.

6.4. Descimbramento e desforma

As formas e o escoramento deverão ser mantidos no local o tempo suficiente para que o concreto desenvolva as resistências previstas, para evitar a deformação excessiva do conjunto e consequente formação de fissuras.

Da mesma forma, o carregamento da estrutura poderá se processar somente quando o concreto apresentar resistência suficiente.

Sabe-se que a relação entre a tensão e a deformação do concreto é função do tempo. Sob uma tensão constante (carga), há um aumento progressivo da deformação com o tempo, sendo que a deformação final pode ser bem maior que a deformação que ocorre no momento da aplicação da carga (deformação instantânea). Este fenômeno é denominado fluência. Assim, a fluência pode ser definida como o aumento da deformação sob uma tensão constante. A fluência, entretanto, não é um fenômeno totalmente reversível, pois, mesmo se o carregamento da estrutura for aliviado, há uma diminuição imediata da deformação associada a uma diminuição gradativa. Restará, entretanto, uma deformação residual irreversível.

Dentre os inúmeros fatores que afetam a fluência de uma peça de concreto, pode-se destacar como um dos mais importantes a resistência do concreto no momento da aplicação da carga.

Dentro de amplos limites, a fluência é inversamente proporcional à resistência do concreto no momento da aplicação do carregamento. Portanto, todo e qualquer fator que influir no desenvolvimento das resistências do concreto, estará afetando a fluência.

Pelo que foi exposto nos parágrafos anteriores, fica claro que, quanto mais se retardar a retirada de formas e escoramentos, e quanto mais se puder retardar o carregamento da estrutura, menores serão as deformações que a mesma virá a sofrer e, portanto, menor será a incidência de fissuras, e maior a durabilidade do concreto.

Portanto a retirada das formas deverá obedecer, no mínimo, o seguinte cronograma:

- Faces laterais .....3 dias
- Faces inferiores com pontaletes bem encunhados.....7 dias

Os prazos de desforma acima relacionados, somente poderão ser diminuídos, caso se comprove, através de ensaios de rompimento à compressão de corpos de prova do concreto, que o mesmo atingiu a resistência necessária.

No caso de se deixar pontaletes após a desforma, estes não devem ser colocados em posições tais, que possam produzir esforços contrários àqueles para os quais a peça foi projetada. Um exemplo comum deste erro é a permanência de escoras somente na extremidade de lajes em balanço, fazendo com que a mesma se comporte como bi-apoiada, e resultando, na maioria dos casos, em deformações excessivas na peça, e no fissuramento da mesma.