

PROJETO EXECUTIVO

CONSTRUÇÃO DA ESCOLA EMEIF SANTANA

PROJETO DE ESTRUTURAS

MEMORIAL DESCRITIVO

PIRACICABA - SP

01/2024
Versão: 02

1 SUMÁRIO

1. NORMAS E ESPECIFICAÇÕES	3
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3. MATERIAIS	3
4. AÇÕES E COMBINAÇÕES	7
5. ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA	7
6. ESTADOS LIMITE DE UTILIZAÇÃO	8
a. ESTADO LIMITE DE DEFORMAÇÃO	8
b. COMPRESSÃO MÁXIMA	8
7. MODELOS DE CÁLCULO	8
c. PARAMETROS DO SOLO PARA DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA GERAL 8	
d. PARAMETROS DO SOLO PARA DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO	10
c. ATERRO E COMPACTAÇÃO DE SOLO	11

OBJETO: CONSTRUÇÃO DA ESCOLA EMEIF SANTANA**LOCAL: RUA SÃO JOÃO BATISTA S/N, BAIRRO: SANTANA, PIRACICABA-SP****1. NORMAS E ESPECIFICAÇÕES**

O projeto foi elaborado com base nas seguintes normas técnicas:

- **ABNT NBR 6118** - Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado – Procedimento
- **ABNT NBR 6120** - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações – Procedimento
- **ABNT NBR 6122**–Projeto e Execução de Fundações– Procedimento
- **ABNT NBR 6123** - Forças devidas ao Vento em Edificações – Procedimento
- **ABNT NBR 8800** – Projeto de Estruturas de Aço de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios
- **ABNT NBR 14931** – Execução de Estruturas de Concreto - Procedimento

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos da Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia (ABEF);
- Fundações – Teoria e Prática: ABMS/ABEF, Ed. PINI;
- BOWLES; Foundation – analysis and design; Ed. McGraw Hill
- FUSCO, P. B.; Estruturas de concreto armado – solicitações normais; Ed. Guanabara Dois
- FUSCO, P. B.; Técnicas de armar estruturas de concreto; Ed. PINI

3. MATERIAIS

Os materiais a utilizar na execução desta obra serão os seguintes:

Concreto Armado:

Elemento	Concreto	f_{ck} (MPa)	g_c	Tamanho máximo do agregado (mm)
Vigas e lajes de fundação	C25, em geral.	25	1.54	15
Elementos de fundação	C30, em geral.	30	1.54	32
Pisos	C25, em geral.	25	1.54	15
Pilares e pilares-paredes	C25, em geral.	25	1.54	15

Elemento	Concreto	f_{ck} (MPa)	g_c	Tamanho máximo do agregado (mm)
Cortinas	C25, em geral.	25	1.54	15

PLANO DE CONCRETAGEM

O construtor obriga-se a apresentar à FISCALIZAÇÃO, com antecedência de uma semana, o plano de concretagem indicando data, hora, peças a serem concretadas, duração prevista dos serviços e pontos de emendas.

CONCRETO SIMPLES

Será utilizado nas fundações, para nivelamento de cavas, e nas lajes de impermeabilização. O concreto deverá ter no mínimo o traço volumétrico de 1:4:8 de cimento, areia e brita com espessura de 0,05m e 0,10m respectivamente.

CONCRETO ARMADO

O concreto deverá ser utilizado em elementos com função estrutural na infra e superestrutura (brocas, sapatas, blocos, reservatórios, vigas, pilares, lajes, cintamento, etc.) dosado de modo a assegurar após a cura, a resistência indicada em projeto estrutural.

Serão observadas a fiel confecção das fôrmas e das armaduras, o amassamento deverá ser mecânico, o lançamento será no máximo 30 minutos após a adição da água, o adensamento por meio de vibradores, a cura do concreto e a retirada das fôrmas deverão obedecer aos prazos previstos nas normas técnicas brasileiras.

Para obtenção de boas peças em concreto armado são necessários os seguintes cuidados:

- Na concretagem de todas as peças, por ocasião do lançamento nas formas, o concreto será cuidadosamente vibrado de modo a ocupar os recantos dos moldes. A fim de ser assegurado o perfeito recobrimento das armaduras das peças estruturais, serão usados espaçadores de concreto fixados entre a forma e os ferros e com a espessura prevista para o recobrimento.
- As escoras deverão ser em barrotes de madeira secção mínima de 3" X 3" ou metálicas e só poderão ter uma emenda a qual não deve ser feita no terço médio de seu comprimento. Os escoramentos com mais de 3,00m de altura serão contraventados.
- Antes do lançamento do concreto deverão ser vedadas as juntas das fôrmas e feita a limpeza do interior. As fôrmas deverão ser molhadas até a saturação.
- As cargas sobre as escoras deverão ser distribuídas sobre solo, por meio de sapatas de madeira, de modo a evitar recalques quando do lançamento do concreto

nas fôrmas. As formas deverão ser retiradas sem choques e obedecer a um programa elaborado de acordo com o tipo de estrutura.

- Deverão ser obedecidos os itens 59 a 63 da NB-1 para execução de formas e o item 2.4 da mesma norma para os prazos de retirada das mesmas. (Item 9 da NB-1/78).

ARMADURAS

Só será permitida a substituição de bitolas e tipos de aço através de consultas por escrito e após autorização por escrito da FISCALIZAÇÃO e do AUTOR dos projetos de cálculo estrutural. As emendas devem obedecer às normas da ABNT e submetidas à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

LANÇAMENTOS

A FISCALIZAÇÃO deverá ser avisada em tempo hábil, de qualquer lançamento de concreto por parte da CONTRATADA. Além disso, deverão ser observadas as seguintes recomendações:

- Não serão permitidos lançamentos de concreto em pontos intermediários e sim diretamente para as fôrmas.
- A altura máxima permitida para o lançamento de concreto será de 2,40m.
- Para os casos de peças com mais de 2,40m deverá se lançar mão do uso de janelas laterais.

ADENSAMENTO

Para que se consiga a máxima densidade possível e evitar assim a criação de bolhas de ar na massa do concreto, este deverá ser adensado por vibração durante e logo após o seu lançamento. A vibração poderá ser feita através de vibradores elétricos de fôrma ou de imersão, cujo tamanho e tipo deverá ser escolhido em função das dimensões da peça a ser concretada e do método mais adequado de adensamento.

Deve-se vibrar o concreto até que se conste a presença de nata de cimento na superfície, sendo retirado nessa ocasião o vibrador, e mudada sua posição.

Quando o adensamento for feito através de vibradores de imersão, deverão ser seguidas as seguintes recomendações:

- O concreto será vibrado em camadas de 0.30 a 0.40m de espessura ou 3/4 de comprimento da agulha do vibrador.
- O diâmetro da agulha deve variar de 25 a 70 mm em função das dimensões da peça a concretar.

- A penetração e retirada da agulha deve ser feita com o vibrador em movimento.
- O adensamento não poderá alterar a posição da ferragem e não será permitido o lançamento de nova camada de concreto, sem que a anterior tenha sido tratada conforme as indicações deste item.

CURA CONCRETO

Após a concretagem, a estrutura será protegida contra a secagem prematura molhando-se periodicamente a mesma durante pelo menos sete dias contados do dia do lançamento, obedecendo as recomendações da NB-1. Da mesma maneira, as fôrmas deverão ser mantidas úmidas até que sejam retiradas.

Especificações da fundação:

Sapatas isoladas e sapatas corridas:

Moldado in-loco

Material: Concreto armado

Fck dos blocos: 30 Mpa

Fck das vigas: 30 MPa

Cobrimento mín dos blocos: 3 centímetros

Cobrimento mín das estacas: 3,5 centímetros

O fundo da cava deve estar perfeitamente nivelado e ser inicialmente apiloado e compactado e após deverá receber uma camada de brita ou concreto magro de 5 cm, para após receber as fundações da obra, levando em consideração que o nível superior dos blocos fundação estão 50 cm inferiores ao nível do térreo.

Especificações da superestrutura:

Resistência do concreto aos 28 dias:

Vigas: 25 MPa

Pilares: 25 MPa

Lajes: 25 MPa

Classe de agressividade do ambiente: II – Moderado (Urbano)

Vigas: 3 centímetros

Pilares: 3 centímetros

Lajes: 2,5 centímetros

Tipos de lajes utilizadas:

Maçicas

As dimensões das peças, inclusive as especificações estão contidas nas pranchas dos projetos estruturais.

ESTRUTURA METÁLICA:

O aço especificado para a estrutura é o ASTM A-36, 250MPa.

Trata-se de estrutura composta por elementos metálicos (perfis em “I” e tubulares circulares) com especificações variáveis em cada tipologia conforme projeto.

As dimensões devem seguir o indicado no projeto. Neste sentido, destaca-se que a representação não identifica todos os nós, individualmente, devido à dificuldade de representação de forma clara. Entretanto, há o atendimento da estrutura às demandas.

As ligações entre as peças devem ser realizadas por solda elétrica utilizando eletrodo e7018, a solda deve ser homogênea e sem irregularidades. Não deve ser aceita soldas com pontos não preenchidos, a linha de solda deve percorrer sempre a totalidade da emenda, por ambos os lados.

Acabamentos:

Todas as peças metálicas devem sofrer acabamento de zarcão ou fundo similar em até duas demãos. Peças oxidadas não devem ser aceitas na obra. Após a instalação se recomenda pelo menos três demãos de pintura seja ela epóxi ou esmalte, na cor definida pelo projeto arquitetônico.

Tipo de aço para perfis	Aço	Limite elástico (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
Aço dobrado	A-36	250	205
Aço laminado	A-36	250	200

4. AÇÕES E COMBINAÇÕES

Apresentam-se as ações mais importantes, tendo em conta a localização geográfica da obra, e os fins aos quais se destina.

As ações consideradas estão de acordo com o disposto na regulamentação em vigor, nomeadamente:

- **ABTN NBR 6120** – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- **ABTN NBR 6123** – Forças devidas ao vento em edificações;
- **ABTN NBR 8681** – Ações e segurança nas estruturas.

Combinações:

Para relatório de combinações consultar memória de cálculo anexa.

5. ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA

A verificação aos estados limites últimos de resistência é feita segundo o ABTN NBR, ou seja, o esforço resistente da seção em estudo terá que ser maior que o esforço atuante de cálculo.

Os valores dos esforços atuantes de cálculo foram determinados a partir da combinação fundamental de ações adotando-se os coeficientes de segurança e os valores reduzidos das ações especificados na ABTN NBR 8681.

No cálculo dos esforços resistentes das seções de concreto armado adotaram-se as hipóteses correntes de não consideração da resistência à tração do concreto e de conservação das seções planas.

Os diagramas de cálculo do concreto e das armaduras consideraram-se limitadas aos valores das extensões:

- Extensão de encurtamento do concreto 0,35%
- Extensão de alongamento das armaduras 1,00%

Na verificação das lajes nervuradas em particular, a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência será efetuada por comparação dos valores de cálculo do momento fletor resistente e de esforço transversal resistente, designados por MRD e VRD, com os correspondentes esforços atuantes, relativos às combinações de ações especificadas.

6. ESTADOS LIMITE DE UTILIZAÇÃO

a. ESTADO LIMITE DE DEFORMAÇÃO

A verificação ao Estado Limite de Deformação foi realizada com base nos resultados do modelo de cálculo apresentado na memória descritiva, nomeadamente nos resultados da deformação elástica da estrutura.

O valor limite admitido para a deformação respeita o prescrito na ABTN NBR. Desta forma, limitou-se a deformação a 1/250 do vão. Esta verificação foi realizada para os estados limites de curta duração (combinações frequentes).

b. COMPRESSÃO MÁXIMA

A ABTN NBR 6118 obriga à verificação da tensão máxima de compressão no concreto, efetuada para a combinação rara de ações. Desta forma, na verificação de segurança das peças de concreto armado foi tido em conta máxima compressão admissível no concreto, nomeadamente nas vigas e pilares.

7. MODELOS DE CÁLCULO

c. PARAMETROS DO SOLO PARA DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA GERAL

Para o cálculo de esforços e deformações da estrutura foram utilizadas ferramentas de cálculo computadorizado e manual. Com a combinação destes permitem, através do método dos elementos finitos, o cálculo de esforços em lajes, barras e nós. Permite ainda fazer um cálculo dinâmico, através de espectros de resposta e diversas combinações de ações.

A estrutura é definida como uma malha tridimensional composta por barras e nós. Considera-se barra, o elemento que une dois nós. As barras são de diretriz reta, de seção constante entre os nós, e de comprimento igual à distância entre a origem dos eixos locais dos seus nós extremos.

O método realiza o cálculo de esforços segundo o método matricial dos deslocamentos, supondo uma relação linear entre esforços e deformações nas barras e considerando os seis graus de liberdade possíveis para cada nó e faz a montagem de uma matriz de rigidez única para toda a estrutura.

$$K u = R$$

sendo:

K - matriz de rigidez;

u - vector dos deslocamentos;

R - vector das cargas

Neste método calculam-se os deslocamentos e as rotações de todos os nós da estrutura, e em função deles obtêm-se os esforços (axiais, transversos, momentos fletores e torsores) de cada secção. Para o cálculo de deformações, entra-se em conta com a redução da inércia de flexão pela compressão axial nos pilares.

A análise dinâmica é feita através da resolução do seguinte sistema de equações de equilíbrio dinâmico, que relaciona o movimento do solo com a resposta da estrutura:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = M\ddot{u}_g$$

com:

M - matriz de massas;

C - matriz do amortecimento;

K - matriz de rigidez;

$\ddot{u}_g$ - aceleração do solo;

$\ddot{u}$, $\dot{u}$ e u - aceleração, velocidade e deslocamento da estrutura, respetivamente.

O referido processo resolve o sistema de equações utilizando o método da sobreposição dos modos para um espectro de resposta aproximado.

A curva de aceleração do solo é introduzida sob a forma de uma tabela que relaciona a aceleração espectral com o período.

A excitação do solo pode ocorrer em três direções: duas no plano horizontal e perpendiculares entre si, e a terceira na vertical desse plano.

A determinação dos esforços e dos deslocamentos máximos é feita calculando as respostas modais associadas às direções principais de excitação e a resposta total, correspondente à soma das respostas associadas às três direções, por combinação quadrática.

Estes cálculos partem dos seguintes pressupostos:

- Teoria dos pequenos deslocamentos
- Linearidade
- Sobreposição
- Equilíbrio

d. PARAMETROS DO SOLO PARA DIMENSIONAMENTO DA FUNDAÇÃO

• Dimensionamento Geotécnico:

Normalmente, a estimativa da capacidade de carga de uma estaca pode ser determinada de dois modos distintos: Métodos Teóricos ou Métodos Semi-empíricos.

Os métodos teóricos não conduzem a resultados satisfatórios pelos seguintes fatores:

- Impossibilidade prática de conhecer, com certeza, o estado de tensões existentes no terreno em repouso e estabelecer com precisão as condições de drenagem que definem o comportamento de cada uma das camadas que compõem o perfil atravessado pela estaca e aquela do solo onde ficará apoiada a sua ponta;
- A dificuldade que existe em determinar com exatidão a resistência ao cisalhamento os solos que interessam à fundação;
- Heterogeneidade do subsolo onde se executam as fundações;
- A influência que o método executivo do tipo de fundação escolhido exerce sobre o estado de tensões e sobre as propriedades do solo, em particular sobre a resistência nas vizinhanças imediatas da estaca;
- Presença de fatores internos e/ou externos que modificam o movimento relativo entre o solo e a estaca.

Pelas razões expostas anteriormente é que as fórmulas empíricas são de uso mais corrente.

Dentre os métodos disponíveis na literatura, o mais popular no nosso meio técnico é o proposto por Décourt & Quaresma (1978/1982). O método de Décourt-Quaresma é baseado inicialmente na análise de 41 provas de carga realizadas em estacas pré-moldadas, porém os próprios autores admitem, em primeira aproximação que o mesmo processo de cálculo possa ser aplicado também para estacas tipo Franki, estacas escavadas e estacas tipo Strauss.

O método propões que a resistência de ponta r_p , seja calculada pela seguinte expressão:

7. $r_p = K \cdot N_1$

Onde K é um coeficiente obtido da tabela em função do tipo de solo e N1 é o valor médio de golpes entre os três valores correspondentes à ponta da estaca, o imediatamente anterior e o imediatamente posterior.

Tipo de solo	K (Mpa)
argilas	0.12
Silte argiloso residual	0.20
Silte arenoso residual	0.25
areias	0.40

Tabela 1 – Constante K no método Décourt-Quaresma (1978/82)

A resistência lateral unitária r_L da estaca é calculada apenas como função do valor médio de golpes (N_2) do ensaio SPT ao longo do fuste. Para os valores de N a serem empregados no cálculo de N_2 , os autores recomendam se considerar os valores obtidos ao longo do fuste, excluindo-se aqueles já utilizados para o cálculo de N_1 , respeitando-se sempre o limite de $N < 15$. A Tabela 2 apresenta valores de r_L propostos pelos autores de acordo com N_2 .

N2	r_L
3	0.02
6	0.03
9	0.04
12	0.05
15	0.06

Tabela 1 – Valor da adesão lateral a_L de acordo com o método de Décourt-Quaresma (1978/82)

A capacidade de suporte da estaca pode então ser estimada como:

8. $Q_{ult} = A_p \cdot K \cdot N_1 + 10 \cdot U \cdot a_L$

Os parâmetros do solo adotados para as combinações fundamentais e combinações sísmicas e acidentais são respectivamente 0.12 MPa e 0.10 MPa respectivamente

******Antes da execução da fundação é necessária a realização de reavaliação dos parâmetros do solo por meio de engenheiro geotécnico através de sondagens e ensaios triaxiais, para confirmação dos dimensionamentos das fundações e contenções.

c. ATERRO E COMPACTAÇÃO DE SOLO

Definição: Os aterros são setores da terraplenagem cuja implantação requer depósito de materiais terrosos, provenientes dos cortes, construídos até os níveis

previstos no projeto arquitetônico.

Equipamentos: O transporte de terra para a construção de aterros será executado pôr equipamento adequado para a execução simultânea de cortes e aterros.

Lançamento: Será feito em camadas de no máximo 0,30 (trinta centímetros) em toda a extensão do aterro.

Compactação: Todas as camadas serão convenientemente compactadas com equipamentos apropriados a cada caso, até atingirem compactação ideal, entre camadas deverão ser executadas malhas de geotêxtil transpassadas em duas direções para garantir a amarração das camadas.

Os aterros devem ser executados em camadas sucessivas, com espessura solta, definida pela fiscalização, em função das características geotécnicas do material e do equipamento de compactação utilizado que resultem na espessura compactada de no mínimo de 15 cm. O lançamento do material deve ser feito em camadas sucessivas em toda largura da seção transversal e em extensões tais que permitam seu umedecimento e compactação.

São aceitas camadas compactadas com espessuras superiores a 15 cm, desde que autorizadas pela fiscalização e comprovadas em aterro experimental, isto é, desde que equipamento utilizado confira o grau de compactação mínimo exigido de 100% em relação ao proctor Normal, conforme NBR 7182(1). Admitem-se espessuras de até 30 cm de espessura para as camadas do corpo do aterro e do máximo 20 cm para as camadas finais de aterro, isto é, o último um metro.

As camadas individuais do aterro devem ser constituídas preferencialmente por material

homogêneo. Quando os materiais provenientes da escavação forem heterogêneos, os materiais devem ser misturados com emprego de grades de disco, motoniveladoras, a fim de se obter, ao final destas operações, a homogeneidade do material.

Quando existirem materiais em excesso provenientes da escavação, e optar-se pela utilização de execução de aterros com alargamento da plataforma, abrandamentos dos taludes ou for necessária à execução de bermas de equilíbrio, estas operações devem ser efetuadas desde a etapa inicial do aterro.

Durante a compactação das camadas de aterro, o equipamento deve deslocar-se sobre a camada de maneira a proporcionar a cobertura uniforme de toda área. A compactação deve ser realizada com equipamentos adequados ao tipo de solo.

As condições de compactação exigidas para aterro e as variações de umidade admitidas são:

- a variação do teor de umidade admitido para o material do corpo de aterro é de $\pm 3 \%$ em relação a umidade ótima de compactação e o grau de compactação mínimo exigido é de 95% em relação à massa específica aparente seca máxima conforme NBR

7182(1), na energia normal;

- para as camadas situadas no último um metro, camada final de aterro, a variação de umidade do material admitida é de $\pm 3\%$ para as camadas iniciais, e de $\pm 2\%$ para as três últimas camadas, em relação à umidade ótima de compactação determinado conforme NBR 7182(1),

na energia adotada para compactação do material;

- o grau de compactação mínimo exigido para as camadas finais situadas no último um metro é de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, determinada conforme NBR 7182(1), na energia adotada para compactação do material.

A energia de compactação a ser adotada deve ser a maior energia que o material empregado suporte, perante as condições dos equipamentos utilizados. Deve-se assegurar que os valores obtidos para o CBR sejam superiores ou iguais ao previsto no projeto, bem como as expansões sejam inferiores às especificadas também em projeto.

OBS: Antes da execução da fundação é necessária a realização de reavaliação dos parâmetros do solo por meio de engenheiro geotécnico através de sondagens e ensaios triaxiais, para confirmação dos dimensionamentos das fundações e contenções.

METODOLOGIA CONSTRUTIVA

ESTRUTURA SALAS

O sistema previsto para o corpo principal corresponde a uma estrutura mista, composta parte por concreto armado, parte por estruturas metálicas, pilares de concreto com seções retangulares, conforme o projeto, vigas em perfis metálicos, em diversos níveis que apoiam lajes maciças de concreto armado e coberturas metálicas.

FUNDAÇÕES

As fundações do corpo principal são compreendidas de forma indireta, se da por estacas HC e blocos de coroamento.

OBS: Antes da execução da fundação é necessária a realização de reavaliação dos parâmetros do solo por meio de engenheiro geotécnico através de sondagens e ensaios triaxiais, para confirmação dos dimensionamentos das fundações e contenções.

As ações consideradas obedecem às normas específicas para o edifício em questão,

conforme presente na ABNT/NBR 6118/ NBR 6122/ NBR 14762/ NBR 71900 / NBR 6123 / NBR 8798/ NBR 11682.