

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS

**FEF – ACESSIBILIDADE
OS - 68**

**MEMORIAL DESCRITIVO
E CADERNO DE ENCARGOS
DO PROJETO DE ESTRUTURA**

SUMÁRIO

1. OBJETIVOS	1
2. INFRA ESTRUTURA	2
3. ESTRUTURA – CONCRETO ARMADO	3
4. ALVENARIA ESTRUTURAL	6
5. COBERTURA	8
6. MEMORIAL DE CÁLCULO	9
7. ESCOLHA DO MODELO ESTRUTURAL ADOTADO	11
8. VENTO	14
9. MATERIAIS UTILIZADOS	19

1. OBJETIVOS

O presente memorial refere-se ao dimensionamento estrutural e especificações das estruturas de concreto armado, alvenaria estrutural e estruturas metálicas para a denominada FEF – Faculdade de Educação Física localizado à Rua Érico Veríssimo, nº 701 - Cidade Universitária Zeferino Vaz – UNICAMP, Barão Geraldo - Campinas, SP, deverão obedecer ao memorial descritivo do projeto estrutural.

Foi considerado que o edifício será construído em ambiente com classe de agressividade ambiental II, e o dimensionamento atende aos critérios das Normas Técnicas da ABNT, destacando-se:

- NBR-5738/2015 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto
- NBR-5739/2007 – Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
- NBR-6118:2014 – Projeto e execução de obras de concreto armado
- NBR-8681:2003 – Projeto e segurança nas estruturas - Procedimentos
- NBR-6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR-6122:2010 – Projeto e execução de fundações
- NBR-6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações
- NBR-7480/2007 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
- NBR-8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- NBR-12655:2015 – Concreto - Preparo, controle e recebimento
- NBR-14931:2004 – Execução de estruturas de Concreto - Procedimento
- NBR-15961-1:2011 – Alvenaria Estrutural - Bloco de Concreto
- NBR-15961-2:2011 – Alvenaria Estrutural - Bloco de Concreto
- NBR-6136:2016 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria
- NBR-12118:2013 – Blocos vazados de concreto para alvenaria - Retração por secagem
- NBR-16522:2016 – Alvenaria de blocos de concreto - Métodos de ensaio
- NBR-13277:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água

O presente projeto deve ser trabalhado juntamente com o projeto arquitetônico no qual se baseia, onde constam todas as informações relativas à implantação, cotas de nível, etc.

2. INFRA ESTRUTURA

2.1. FUNDAÇÕES

Foram fornecidos relatórios de sondagem, com as informações necessárias para o devido dimensionamento das fundações.

As fundações para apoio da estrutura deverão ser executadas conforme previsto no projeto de fundações e estrutura. A concepção é de estacas tipo Strauss, com diâmetros e profundidades a serem executadas conforme orientações especificadas em projeto.

O nível de arrasamento das estacas está especificado nas folhas do projeto estrutural.

2.2. BLOCOS

Os serviços somente poderão ser iniciados após a aprovação da Fiscalização e da locação da obra.

Quaisquer modificações nos projetos de fundações devem ser previamente autorizadas e consignadas como alteração de projeto.

Recomenda-se a compactação e da base dos blocos e aplicação de lastro de concreto, com espessura mínima de 50 mm.

Cuidados especiais deverão ser tomados quando as escavações forem feitas próximas às estruturas existentes, para evitar danos à estabilidade das mesmas.

Os blocos deverão ser em concreto armado moldados "in-loco" com dimensões especificadas conforme indicado no Projeto Estrutural.

A resistência a característica à compressão do concreto (f_{ck}) deverá ser maior ou igual a 30 MPa e armação em aço estrutural, classe CA-50.

A execução dos blocos em concreto armado deverá estar de acordo com o projeto estrutural e as normas da ABNT.

O lançamento do concreto deverá ser precedido de apiloamento do fundo e deve ser efetuado com auxílio de um funil, para não haver segregação do concreto.

Se a concretagem for realizada abaixo do nível d'água, deverão ser tomadas providências por parte da construtora para garantir a qualidade do concreto e da respectiva concretagem. O concreto deve ter consistência elástica, com abatimento mínimo de $100\text{ mm} \pm 20\text{ mm}$, sendo este valor definido por profissional especializado.

A concretagem deve terminar na cota de arrasamento prevista com desvio de mais ou menos 30 mm. A qualidade do acabamento final deve ser tal que evite a demolição e reconstrução da cabeça dos blocos.

Qualquer modificação que se fizer necessária, devido à impossibilidade executiva, só poderá ser feita com autorização da Fiscalização.

2.3. ESCAVAÇÃO E REATERRO DAS VALAS

Os serviços de escavações serão iniciados após a delimitação das áreas de trabalho, com objetivo de remover o solo até que se atinjam as cotas indicadas. Cuidados especiais deverão ser tomados quando as escavações forem feitas próximas às estruturas existentes, para evitar danos à estabilidade das mesmas.

Após a impermeabilização dos blocos, o solo deverá ser relançado nas valas e compactado através de compactador manual (tipo sapo), até a compactação atingir um grau máximo de compactação.

As aberturas das valas deverão ser executadas em toda a extensão onde houver paredes, muros, guias, muretas, e outras construções onde haja fundação. Terão as dimensões necessárias e seus fundos nivelados e fortemente apiloados com maço de 30 Kg. O material escavado deverá ser colocado próximo da obra de maneira que não venha intervir no bom desempenho dos serviços. Sobre os fundos das valas de fundação deverá ser colocado lastro de brita 3 e 4 apilado e sobre este deverá ser executado um lastro de concreto magro ($e = 5\text{ cm}$) com medidas uniformes na sua largura e espessura.

3. ESTRUTURA – CONCRETO ARMADO

3.1. CONCRETO ESTRUTURAL

O concreto deverá satisfazer as condições de resistência fixadas pelo cálculo estrutural, bem como as condições de durabilidade e impermeabilidade adequadas às condições de exposição.

Devem obedecer rigorosamente as normas da ABNT, em especial a ABNT NBR 6118 e a ABNT NBR 14931 e suas respectivas atualizações.

Nenhum conjunto de elementos estruturais podem ser concretados sem prévia autorização e verificação por parte da Fiscalização e da perfeita disposição, dimensões, ligações e escoramentos das formas e armaduras correspondentes, bem como o exame da correta colocação de canalizações elétricas, hidráulicas e outras, que deverão ficar embutidas na massa de concreto (caso houver).

O preparo e dosagem do concreto devem ser feito em obediência aos traços estabelecidos às prescrições da Norma Brasileira e às presentes especificações.

No lançamento do concreto; obedecer às prescrições da NBR-7212 e suas atualizações, notadamente a limitação do tempo máximo de 150 minutos, contado a partir da primeira adição de água até o fim do adensamento, ao se utilizar caminhão betoneira; não pode ser utilizado concreto **remisturado!**

As tubulações, dutos e demais elementos que interferem com a concretagem, devem ser posicionados e suficientemente fixados antes do início do lançamento.

A utilização de outros meios de lançamentos deve ficar condicionada a prévia aprovação da Fiscalização.

Além das prescrições das Normas Técnicas, o concreto deve ter adensamento por meio de vibradores de imersão de capacidade adequada ao fluxo de lançamento; o concreto deve envolver completamente a armadura e atingir todos os cantos da forma e não deve haver formação de ninhos de pedra; devem ser tomadas medidas para que não se altere a posição da armadura.

Durante a cura do concreto, obedecer às disposições da Norma; a cura deve ser feita por qualquer processo que mantenham úmidas as superfícies, evitando a evaporação da água do interior do concreto; deve ser iniciada logo após o início da pega do concreto, e durar no mínimo 10 dias; deverá ser evitada a ação de chuvas sobre o concreto durante o período de pega. No caso de falhas de peças concretadas as mesmas devem ser corrigidas logo após a sua constatação, de maneira adequada e compatível, sob o acompanhamento da Fiscalização.

A estrutura deve ser conservada molhada durante dez (10) dias após o lançamento do concreto.

Os furos de passagem de tubulações devem ser assegurados pela colocação de buchas ou caixas, de acordo com o projeto de instalações e de estrutura.

3.2. CONCRETO ARMADO

3.2.1. Materiais

As características dos materiais empregados, concreto e aço estrutural, constam nos desenhos.

O concreto deverá ter sua dosagem, produção, lançamento e adensamento executados de acordo com as normas pertinentes e com técnica adequada para que não haja defeitos de execução ou falhas de concretagem.

Tratando-se de classe II de agressividade do ambiente, e visando a durabilidade da estrutura, a resistência característica mínima aos 28 dias, será de 30 MPa.

Quando o plano de desforma assim o exigir, as resistências e os prazos de desforma deverão ser compatibilizados, recomendando-se nesse caso emprego de concreto de alta resistência inicial.

As barras de aço para as armaduras deverão obedecer às especificações da ABNT NBR 7480.

3.3. CONSTRUÇÃO

São destacados a seguir alguns aspectos mais relevantes, subentendendo-se que todos os procedimentos de construção devem atender às normas técnicas pertinentes.

3.3.1. Geral

O concreto preferencialmente será o pré-misturado usinado, de acordo com a ABNT NBR 7212.

O cobrimento das armaduras será garantido pela utilização de pequenos elementos de concreto, pré-fabricados com as mesmas características de resistência, capacidade de impermeabilidade e durabilidade do concreto estrutural da peça em questão.

Opcionalmente, poderá ser usado outro tipo de espaçador, a critério da fiscalização.

O cobrimento não será menor do que o indicado no item 7.4.7 da norma ABNT NBR 6118, e considerando-se o estabelecido pelas diretrizes de projeto estabelecido pelo cliente, o cobrimento mínimo para os elementos estruturais é mostrado abaixo:

- Blocos: 4.0 cm;
- Vigas: 3.0 cm;
- Lajes: 2.5 cm.

3.3.2. Dosagem

Será adotada a dosagem experimental conforme item 6.4.1 da ABNT NBR 12655, não sendo permitida dosagem empírica, salvo para pequeno volume, em peça de menor responsabilidade e com aprovação expressa da Fiscalização.

Relação água-cimento deverá ser igual a 0,55 (menor ou igual a 0,60 item 7.4, tabela 7.1 da ABNT NBR 6118).

Todas as vezes que ocorrerem modificações das fontes e qualidade de materiais, a dosagem será revista e os novos traços submetidos à aprovação da Fiscalização, com a necessária antecedência, para permitir a execução dos ensaios e avaliação dos resultados, antes da fabricação do concreto.

3.3.3. Transporte e Lançamento do Concreto

O concreto pré-misturado, quando transportado em equipamento sem dispositivo de agitação, como baldes, carrinhos de mão, carrinhos motorizados, vagonetas ou outros, não poderá ter tempo superior a 150 minutos entre o momento da adição de água e do lançamento.

O abatimento do concreto não deve exceder 10 ± 2 cm.

O lançamento do concreto obedecerá às prescrições do item 9.5 da ABNT NBR 14931.

O concreto não será lançado sem que:

(a) todas as peças embutidas, tais como conduites, tubulações, luvas, inserts, chumbadores, etc., tenham sido devidamente instalados e suas posições verificadas.

(b) seja elaborada rigorosa verificação das dimensões e posição das formas, bitolas, quantidade e posição das armaduras e resistência e estabilidade das formas e escoramentos.

As superfícies de topo serão niveladas e serão evitadas as juntas verticais ou inclinadas, salvo quando adotados procedimentos especiais que garantam a qualidade e bom acabamento.

Todo concreto será cuidadosa e convenientemente adensado durante a operação de lançamento.

O concreto que envolve as armaduras e inserts, assim como o concreto dos cantos das formas, será cuidadosamente trabalhado, de forma a impedir a formação de vazios.

3.3.4. Armação

O espaçamento, dobramento e raios de curvatura serão feitos de acordo com o preconizado pelas ABNT NBR 7480, ABNT NBR 6118 ou nos detalhes de projeto.

O cobrimento da armação deverá rigorosamente obedecido conforme estabelecido pela ABNT NBR 6118 e as prescrições do projeto.

Antes do início da concretagem, todas as barras deverão estar livres de contaminações como tintas, óleos, graxas, argamassa, escamas de ferrugem, terra ou outro qualquer material nocivo que possa prejudicar a aderência entre o aço e o concreto.

Todas as armações serão amarradas entre si, para fixação, através de arame recozido preto bitola 18 AWG.

3.3.5. Adensamento

O adensamento do concreto seguirá às prescrições do item 9.6 da ABNT NBR 14931.

As camadas de lançamento do concreto devem ter espessura variando entre 30 cm a 60 cm, compatíveis com o comprimento da haste do vibrador e ser o mais niveladas possível para evitar o movimento lateral do concreto, devendo ser depositadas na forma em intervalos bem próximos.

Após o nivelamento da superfície, o vibrador será inserido verticalmente, em espaçamentos uniformes sobre toda a área do lançamento. A distância de inserção será preferencialmente 1,5 vezes o raio de ação do vibrador e não será inferior a 60 cm em áreas não confinadas.

3.3.6. Cura

A cura do concreto seguirá às prescrições da ABNT NBR 14931.

As formas de madeira ou aço em contato com o concreto e expostas ao aquecimento solar serão mantidas molhadas até que possam seguramente ser removidas.

3.3.7. Forma

A execução, manuseio e prazos de retirada das formas seguirá às prescrições dos item 7.2.2.3 e 10.2 da ABNT NBR 14931.

As formas de madeira absorventes serão molhadas até a saturação antes do início do lançamento do concreto.

Todos os materiais embutidos no concreto devem estar identificados, posicionados e adequadamente fixados, antes do início dos serviços de concretagem.

As formas e escoramentos poderão ser removidos desde que haja resistência mínima comprovada.

As formas terão contra flechas nos centros dos vãos com valores de no máximo $L/350$, sendo L o vão livre para as vigas, exceto onde anotado.

3.3.8. Controle Tecnológico

O controle de resistência de concreto será efetuado de forma sistemática durante a obra. Os ensaios serão a compressão axial, em corpos de prova cilíndricos, aos 3, 7 e 28 dias.

O controle será do tipo amostragem total, conforme item 6.2.3.1 da ABNT NBR 12655.

A aceitação ou rejeição do concreto se fará de acordo com o item 6.2.4 da ABNT NBR 12655.

4. ALVENARIA ESTRUTURAL

Foram adotados blocos de concreto, família 40 (múltiplos de 20 cm), com dimensões e resistências variando de acordo suas solicitações.

A modulação das fiadas do edifício, em todos os seus andares, foram elaboradas com a finalidade de homogeneizar a “família” dos blocos, aumentando assim a produtividade na execução e minimizando a quantidade de juntas e possíveis erros. Também sempre que possível foram adotadas juntas amarradas ou junta amarração visto que há grande influência, das amarrações entre paredes estruturais, na distribuição de tensões, o que consiste num dos mecanismos essenciais do seu desempenho estrutural, tanto da capacidade portante individual dos painéis, como do conjunto da edificação.

4.1. Execução da Alvenaria Estrutural

4.1.1. Para iniciar o serviço de execução da alvenaria, é preciso que estejam atendidos os seguintes requisitos:

- Projeto de Alvenaria completo
- Liberação do Pavimento
- Componentes (blocos e outras peças pré-fabricadas)
- Equipamentos e Ferramentas
- Argamassa para assentamento dos blocos
- Equipe de produção capacitada

4.1.2. Liberação do Pavimento

Quando a edificação de alvenaria estrutural se inicia no térreo o contrapiso deverá encontrar-se concretado. Neste caso e nos casos onde a alvenaria inicia-se em pavimentos de transição, as instalações que caminharão pela alvenaria e os arranques das armaduras verticais, nos pontos indicados no projeto estrutural, também deverão estar locados em suas corretas posições, para que seja feita a liberação do pavimento.

4.1.3. Componentes

No projeto de alvenaria, devem-se encontrar todos os componentes quantificados por pavimento. Desse modo, poderão ser projetadas áreas para armazenar, no canteiro de obras, apenas os componentes necessário àquele pavimento, desta forma, poupa-se espaços de armazenagem ou produção.

4.1.3. Ferramentas e equipamentos

A qualidade da alvenaria depende, em grande parte, das condições que são dadas para sua execução.

4.1.4. Argamassa para assentamento dos blocos

A argamassa recomendada para assentamento dos blocos é a argamassa mista de cimento e cal, onde se combina a resistência, dada pelo cimento, com a trabalhabilidade e retenção de água dada pela cal. As argamassas destinadas ao assentamento devem atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR 13281.

Traços usuais de argamassa	
Traços em Volume (cimento, cal e areia)	Resistência aproximada aos 28 dias (em obra)
1 : 2 : 9	2,5
1 : 1 : 6	4,5
1 : 0,6 : 6	5,8
1 : 0,6 : 5	7,5

Esta capacidade de deformar-se, que a argamassa possui, ajuda na distribuição dos esforços e na vedação. A argamassa pode absorver uma parte destes esforços dissipá-los através de micro-fissuras não - prejudiciais à estanqueidade e resistência da parede, fato que não ocorre em argamassas muito rígidas ou com baixo módulo de elasticidade, que dissipam os esforços atuantes mediante microfissuras que provocam infiltrações e perda de aderência.

4.1.5. Graute

O graute é um micro concreto que serve para preencher as cavidades dos blocos, onde são acomodados as armaduras verticais e as amarrações das paredes de grampos. Serve também para suprir as deficiências locais da argamassa de assentamento ou dos blocos. Também neste caso os valores constantes da tabela abaixo são indicativos e não substituem os ensaios e recomendações de projeto.

Traços usuais de graute			
Traços em Volume (cimento, cal, areia, pedrisco)	Resistência aproximada aos 28 dias (em obra)	Consumo de Cimento	
1 : 0,10 : 2,49 : 2,72	12,8	270	
1 : 0,10 : 1,82 : 1,94	28,2	380	

4.1.6. Equipe de produção capacitada

Apresentar ao grupo de operários o trabalho a ser realizado, enfatizando as vantagens do processo construtivo, apresentar detalhadamente os componentes e projetos.

4.1.7. Verificação das medidas e esquadros dos pavimentos

Atentar para a colocação da obra no esquadro. No momento de verificar as medidas e o esquadro do pavimento, deverá ser utilizada a planta da primeira fiada.

Para a verificação do esquadro devem se comparar as medidas das diagonais, que deverão ser idênticas. Para a verificação do esquadro de um determinado canto da edificação deve se confirmar a relação 3,4,5 (medidas em metros).

A execução da alvenaria compreende dois serviços distintos: a Marcação e Elevação da Alvenaria.

4.1.8. Considerações importantes sobre a Marcação:

4.1.8.1. Determinação da referência de nível

Com auxílio de nível laser ou nível alemão, busca-se encontrar o ponto mais alto do pavimento.

4.1.8.2. Ferros locados fora da posição correta

Os ferros nunca devem ser entortados. Caso ocorra locação incorreta, eles devem ser retirados e chumbados novamente na posição correta.

4.1.8.3. Pontos de Graute

Nos locais previstos para grauteamento, é necessário a limpeza da argamassa de assentamento que se deposita nas cavidades dos blocos. Para isso devem se deixar aberturas laterais nos blocos da primeira e oitava fiada de blocos.

4.1.8.4. Componentes para execução do serviço

A fim de não obstruir o trabalho de marcação da alvenaria, é importante que não se acumulem blocos no pavimento além da quantidade necessária à execução do serviço.

5.1. ESTRUTURA METÁLICA

Estrutura metálica da cobertura do núcleo, apoiada sobre alvenaria estrutural conforme projeto estrutural e projeto arquitetônico.

5.2. PROJETO BÁSICO

É fornecido projeto básico com a definição da geometria, seção dos elementos e detalhes básicos das principais ligações da cobertura do núcleo.

5.3. DETALHAMENTO

O detalhamento das ligações e dimensionamento final de chapas de nó, soldas e parafusos, bem como a traçagem para fabricação, ficam a cargo do fabricante, devendo o mesmo ser apresentado para aprovação (ver planos de carga e de esforços nos elementos estruturais nos memoriais de cálculo) .

5.4. MATERIAIS

Os materiais a serem utilizados na fabricação seguem abaixo:

- Perfis laminados, chapas dobradas, tubos e chapas de ligação: ASTM - A36, f_y - 250 MPa.

Parafusos: ASTM – A307 e ASTM – A325.

Soldas: AWS – E60 XX e AWS – E70 XX.

Chumbadores: qualquer tipo, com adesivo (não permitido tipo expansão).

Todos os materiais deverão ser de primeira qualidade, nunca utilizados anteriormente e apresentar certificados que comprovem a sua especificação e procedência. Na falta destes certificados serão exigidos ensaios para determinação das características químicas e mecânicas do material.

5.5. CONEXÕES

Todas as conexões de montagem (na obra ou por necessidade de transporte) deverão ser parafusadas, a menos que especificado em contrário nos desenhos de projeto.

Os parafusos de alta resistência deverão obedecer à designação ASTM A325 e deverão ser utilizados de acordo com as "Specifications for Structural Joints Using ASTM A325", do AISC.

Todas as conexões parafusadas deverão possuir, no mínimo, dois parafusos.

5.6. CONEXÕES SOLDADAS

Todas as soldas deverão obedecer às especificações "Welding in Building Construction – AWS D1.0", da American Welding Society (AWS).

O fabricante deverá indicar nos Desenhos de detalhes de fabricação, a localização, o tipo, as dimensões e o comprimento de todas as soldas.

Nenhuma solda de filete deverá ter lado inferior a 5mm, a menos que não seja estrutural, ou devidamente justificada (por ex: função da espessura da chapa).

5.7. FABRICAÇÃO

Deverão ser executadas na fábrica todas as furações para montagem.

Deverão ser também soldadas na fábrica todas as peças para conexões que se fizerem necessárias, devendo-se evitar solda ou furação complementar durante a montagem.

6. MEMORIAL DE CÁLCULO

6.1. NORMAS ADOTADAS

Para este projeto, conforme as diretrizes estabelecidas pelo cliente, este deve estar em acordo com as prerrogativas das seguintes normas (normas vigentes):

- NBR-5738/2015 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto
- NBR-5739/2007 – Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
- NBR-6118:2014 – Projeto e execução de obras de concreto armado
- NBR-8681:2003 – Projeto e segurança nas estruturas - Procedimentos
- NBR-6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR-6122:2010 – Projeto e execução de fundações
- NBR-6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações
- NBR-7480/2007 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
- NBR-8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- NBR-12655:2015 – Concreto - Preparo, controle e recebimento
- NBR-14931:2004 – Execução de estruturas de Concreto - Procedimento
- NBR-15961-1:2011 – Alvenaria Estrutural - Bloco de Concreto
- NBR-15961-2:2011 – Alvenaria Estrutural - Bloco de Concreto
- NBR-6136:2016 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria
- NBR-12118:2013 – Blocos vazados de concreto para alvenaria - Retração por secagem
- NBR-16522:2016 – Alvenaria de blocos de concreto - Métodos de ensaio
- NBR-13277:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água

6.2 PROGRAMAS UTILIZADOS

Os programas utilizados para a elaboração desse projeto foram o TQS®, CYPECAD®, Metálica 3d® e Ftool licenciados para uso por esta equipe.

6.3 MATERIAIS

Os materiais adotados para esse projeto são mostrados a seguir:

- Para a estrutura em concreto armado, foi especificada a resistência à compressão de **30 MPa** aos 28 dias. Com base na classe de agressividade ambiental II, os cobrimentos mínimos adotados foram de 25 mm para lajes e 30mm para pilares e vigas.
- Para os blocos de fundação foi especificada a resistência à compressão de **30 MPa** aos 28 dias e cobrimento de 40mm;
- Para os blocos de alvenaria em concreto foi especificado a resistência à compressão de **8 MPa**;
- Para o grautes foi especificado a resistência à compressão de **20 MPa**;
- A armadura passiva classe CA-50 e CA-60.

6.4 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos de referência utilizados para elaboração desse projeto foram:

- Diretrizes para elaboração de projetos para tiveram base nas especificações conforme fornecido pela própria entidade;
- Projeto arquitetônico;
- Sondagens do Subsolo fornecidos pela Unicamp;

6.5 PARÂMETROS PARA DURABILIDADE

Para garantir a durabilidade da estrutura em concreto armado, a NBR 6118:2014 estabelece cobrimentos mínimos para as armaduras conforme a classe de agressividade ambiental ao qual a estrutura está exposta.

De acordo com a Tabela 6.1 da NBR 6118:2014, estabeleceu-se classe II, que corresponde a uma agressividade moderada (ambiente urbano). Essa classe requer concreto de classe C25 ou superior e relação água/cimento $\leq 0,60$.

O cobrimento da armadura varia de acordo com o elemento estrutural, sendo que para os blocos, muros de arrimo e vigas deve ser maior ou igual a 30 mm.

6.6 SISTEMA ESTRUTURAL

O sistema estrutural foi concebido estrutura mista em alvenaria estrutural armada, e concreto armado, conforme as especificações do projeto.

O sistema de cobertura requerido foi de telhas metálicas apoiadas sobre terças metálicas fixadas em vigas metálicas. Nesse caso, foi fornecido o projeto básico do plano da cobertura, ficando os detalhamentos das ligações sob a responsabilidade do fabricante dos perfis.

O dimensionamento dos elementos estruturais de vigas e paredes estruturais levou em consideração uma análise por pórtico espacial.

6.7 FUNDAÇÕES

O projeto estrutural dos blocos e estacas levou em consideração as reações das alvenarias, foi eleita a quantidade necessária de estacas bem como suas dimensões para garantir o equilíbrio da estrutura.

6.8 DEFORMAÇÕES LIMITES

As deformações limites foram estabelecidas de modo a manter a funcionalidade da estrutura durante as ações de serviço. A Tabela 2 mostra os limites de deformabilidade estabelecidos.

Tabela 2. Limites para deformação (NBR 6118:2014).

Elemento	Sistema estrutural
Vigas	Vao/350

6.9 AÇÕES CONSIDERADAS

As ações existentes foram consideradas em função da forma de utilização da estrutura, tipos de materiais utilizados para vedação/fechamento e ações especiais especificadas pelo cliente.

Assim, as ações consideradas para a estrutura em concreto armado foram: o peso próprio do elemento, a alvenaria de embasamento e a alvenaria de vedação, revestimentos.

A Tabela 4 mostra o peso específico dos materiais de construção, de acordo com a NBR 6120:1980.

Tabela 4. Peso específico dos materiais de construção (Fonte: NBR 6120:1980).

Material	Peso específico aparente (kN/m³)
BLOCOS ARTIFICIAIS	
Blocos Lajotas cerâmicas	18
Blocos de argamassa	22
Bloco de concreto	22
Tijolosfurados	13
Tijolosmaciços	18
Tijolosilico-calcáreos	20
REVESTIMENTOS E CONCRETOS	
Argamassa de cal, cimento e areia	19
Argamassa de cimento e areia	12,5
Concreto simples	24
Concreto armado	25

Com base na Tabela 4, foi adotado o peso específico de 25 kN/m³ para o concreto armado, o peso específico de 22 kN/m³ para a alvenaria estrutural (blocos de concreto).

7. ESCOLHA DO MODELO ESTRUTURAL ADOTADO

7.1 Alvenaria armada ou não-armada

Inicialmente foram adotados parâmetros para utilização de alvenaria não armada conforme ABNT (NBR-10837).

Perante a obtenção dos esforços verificou-se que seria necessário a utilização de alvenaria armada.

A armação das paredes é sempre necessária quando as tensões de tração superam os valores admissíveis indicados na ABNT (NBR-10837), que, por sinal, são relativamente baixos.

Em geral, as armaduras são utilizadas nos prédios mais elevados, onde as ações horizontais provenientes do vento e do desaprumo são mais significativas.

Com relação à resistência à compressão, será feito a seguir um estudo comparativo, baseado na ABNT (NBR-10837), entre paredes armadas e não armadas.

$$\bar{f}_{alv,c} = 0,20f_p \left[1 - \left(\frac{h}{40t} \right)^3 \right]$$

f_p = resistência média dos prismas

h = altura efetiva

t = espessura efetiva

Para paredes de alvenaria armada, a norma estabelece que as tensões admissíveis em paredes resistentes com armadura mínima não devem exceder o valor determinado pela seguinte expressão:

$$\bar{f}_{alv,c} = 0,225f_p \left[1 - \left(\frac{h}{40t} \right)^3 \right]$$

onde:

f_p = resistência média dos prismas cheios (se $p > 0,2\%$)

h = altura efetiva

t = espessura efetiva

Comparando as duas expressões conclui-se que o ganho de resistência à compressão com o emprego da alvenaria armada (12,5%) é inexpressivo, o que sugere, mais uma vez, o emprego de alvenaria não-armada sempre que possível.

7.2 Modulação

Foram adotados blocos de concreto, família 40 (múltiplos de 20 cm), com dimensões e resistências variando de acordo os pavimentos e suas solicitações.

A modulação das fiadas do edifício, em todos os seus andares, foram elaboradas com a finalidade de homogeneizar a “família” dos blocos, aumentando assim a produtividade na execução e minimizando a quantidade de juntas e possíveis erros.

Também sempre que possível foram adotadas juntas amarradas ou junta amarração visto que há grande influência, das amarrações entre paredes estruturais, na distribuição de tensões, o que consiste num dos mecanismos essenciais do seu desempenho estrutural, tanto da capacidade portante individual dos painéis, como do conjunto da edificação.

Nos casos onde não há amarração perfeita entre as paredes a ABNT (NBR-15961 1 e 2) recomenda a amarração indireta para as paredes, na qual se utilizam barras metálicas convenientemente dispostas ou em forma de treliças soldadas, ou mesmo peças em forma de chapa metálica de resistência comprovada.

Foram adotados ganchos metálicos para unir as paredes onde ocorrem as juntas a prumo.

Existem também, junta a prumo em locais de união de paredes estruturais com paredes não estruturais. Nestes casos é oportuna a disposição, no mínimo a cada três fiadas, de armaduras horizontais na argamassa nos locais de união das paredes, com o objetivo de se evitarem fissuras nessas regiões ou telas metálicas para que sejam feitas estas ligações.

De acordo com a ABNT (NBR-10837), item 5.4.3.1.3, o diâmetro desta armadura não deve exceder a metade da espessura da camada de argamassa (1,0 cm) na qual a barra está colocada, ou seja, diâmetro máximo 5 mm. Já no item 5.2.3.1.3 da mesma norma, que trata de alvenaria armada, fica estabelecido que as armaduras em paredes com barras de diâmetro máximo igual a 6,3 mm podem ser colocadas na argamassa e consideradas como parte da armadura necessária.

7.3. Parâmetro α

Uma estrutura simétrica pode ser considerada como de nós fixos se o seu parâmetro de instabilidade α for, segundo Corrêa e Ramalho [2003]:

- $\alpha \leq 0,70$ para sistemas compostos apenas por pilares-parede
- $\alpha \leq 0,60$ para sistemas mistos
- $\alpha \leq 0,50$ para sistemas compostos apenas por pórticos

Neste caso, não haverá necessidade de se analisar a estrutura utilizando teoria de 2ª ordem. O valor de $\alpha \leq 0,60$ é geralmente aplicável às estruturas usuais de edifícios, e será o valor adotado neste projeto.

O parâmetro α pode ser avaliado pela expressão:

$$\alpha = H \sqrt{\frac{P}{EI}}$$

α = parâmetro de instabilidade

H = altura total do edifício

P = peso total da edificação

EI = somatória dos valores de rigidez de todo o sistema de contraventamento da estrutura.

7.4. Esforços devido ao desaprumo

As ações horizontais a serem consideradas (devidas ao desaprumo), foram calculadas da seguinte maneira:

Supõe-se que o eixo vertical da estrutura esteja desviado de um ângulo para o desaprumo dado pela expressão abaixo:

$$\phi = \frac{1}{100\sqrt{H_{TOT}}}$$

Onde:

H_{TOT} = a altura total do edifício em metros

ϕ = ângulo em radianos

O valor da força horizontal F devido ao desaprumo pode ser considerado igual ao produto do ângulo de desaprumo ϕ pelo peso do pavimento considerado:

$$F = \phi \cdot \Delta P$$

Nota-se, portanto que a força devido ao desaprumo é ligeiramente menor que qualquer força horizontal causada pelo vento no edifício em qualquer direção, sendo assim, foram utilizadas para fins de dimensionamento somente forças horizontais devidas ao vento.

7.5. Critérios para dimensionamento das paredes

No dimensionamento das paredes, foram utilizados os seguintes critérios:

7.5.1 Coeficiente de Segurança para os Materiais

Aço: $\gamma_s = 1,15$

Alvenaria: $M \gamma = 1,70$ – Categoria da execução: A

Controle de produção: I

$f_k = f_{bk} \cdot n$

n = eficiência dos blocos = 0,80 (adotado)

7.5.2 Coeficientes de Segurança para as Ações

- Ações permanentes: $\gamma_G = 1,35$
- Ações variáveis: sobrecarga: $\gamma_{Q1} = 1,35$
- Ações variáveis: vento: $\gamma_{Q2} = 1,50$

7.5.3 Altura Efetiva da Parede (h_{ef})

Para paredes restringidas no topo e na base por pavimentos ou lajes de concreto, o valor de p deve ser considerado igual a 0,75. Quando a parede, além de ser restringida no topo e base, ainda for restringida lateralmente, o valor de p poderá ser diminuído,

assumindo valores menores que 0,75.

Tendo em vista que a consideração de $p = 0,75$ é a situação mais desfavorável para o cálculo, será este o valor adotado para p .

8.4 Espessura Efetiva da Parede

Será igual à espessura real da parede.

$t_{ef} = 19$ cm.

8.5 Esbeltez da Parede

A esbeltez de uma parede é medida pela relação entre a sua altura efetiva (h_{ef}) e a espessura efetiva (t_{ef}), e deve ser menor que 27. Então:

A partir dos valores obtidos, foram feitos os cálculos das tensões de compressão/tração atuantes na alvenaria, aplicados os coeficientes de segurança, podendo ocorrer 4 casos:

• **1o Caso:**

A tensão máxima de compressão atuante na alvenaria é inferior ou igual à tensão de compressão resistente da alvenaria. Neste caso, a alvenaria resiste aos esforços atuantes, não sendo necessário grautear ou mesmo armar os blocos.

• **2o Caso:**

A tensão máxima de compressão atuante na alvenaria é superior à tensão de compressão resistente f_k / γ_m , mas inferior a $(1,866 * f_k / \gamma_m)$. Neste caso, devem-se preencher os furos dos blocos com graute, dobrando assim sua tensão característica f_{bk} , e consequentemente acrescentando 86,6% na tensão de compressão resistente da alvenaria, dada pela fórmula:

• **3o Caso:**

A tensão máxima de compressão atuante na alvenaria é superior a $1,866 * f_k / \gamma_m$. Neste caso, os blocos deverão ser preenchidos com graute e serem armados com barras de aço para equilibrar os esforços atuantes.

• **4o Caso:**

A tensão máxima atuante resulta em valor negativo, significando tração na alvenaria. Como a alvenaria não resiste a tensões de tração, esta deverá ser obrigatoriamente armada.

8. VENTO

NBR-6123. Forças devidas ao vento em edificações

Velocidade Básica: 45.00

Rugosidade: Categoria: IV Classe: B

Fator Probabilístico: 1.00

Fator Topográfico: +X:1.00 -X:1.00 +Y:1.00 -Y:1.00

Não realiza-se análise dos efeitos de 2ª ordem

Valor para multiplicar os deslocamentos 1.05

Coeficientes de Cargas

+X: 1.00 -X:1.00

+Y: 1.00 -Y:1.00

8.1. HIPÓTESES / AÇÕES DE CARGAS

Automáticas	Permanente
	Sobrecarga
	Vento +X
	Vento -X
	Vento +Y
	Vento -Y

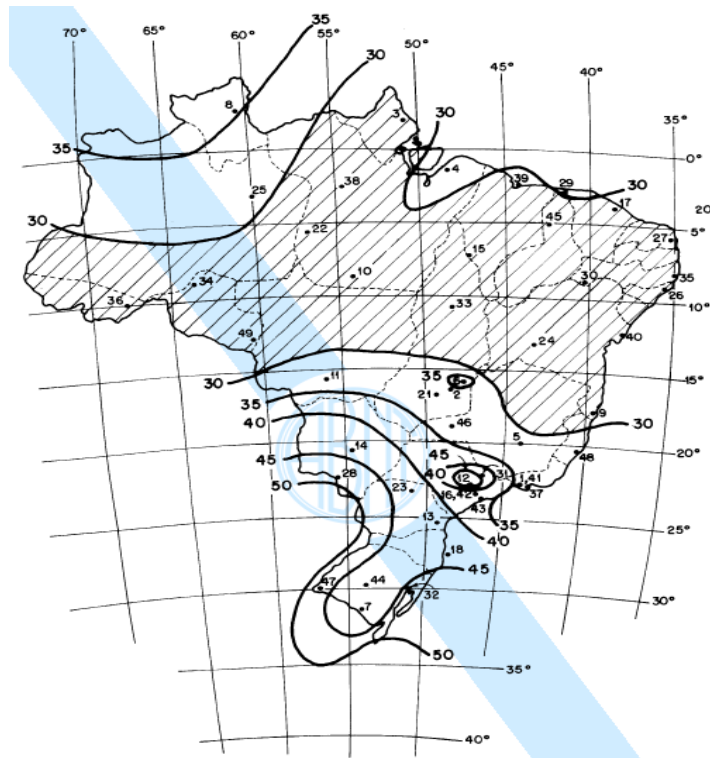


Figura 1. Isopletas da velocidade básica V_0 (m/s) (Fonte: NBR 6123:1988).
O coeficiente de arrasto da estrutura foi calculado de acordo com os ábacos fornecidos pela NBR 6123:1988. A Figura 2 mostra o ábaco de cálculo do coeficiente de arrasto para edificações paralelepípedicas em vento de baixa turbulência.

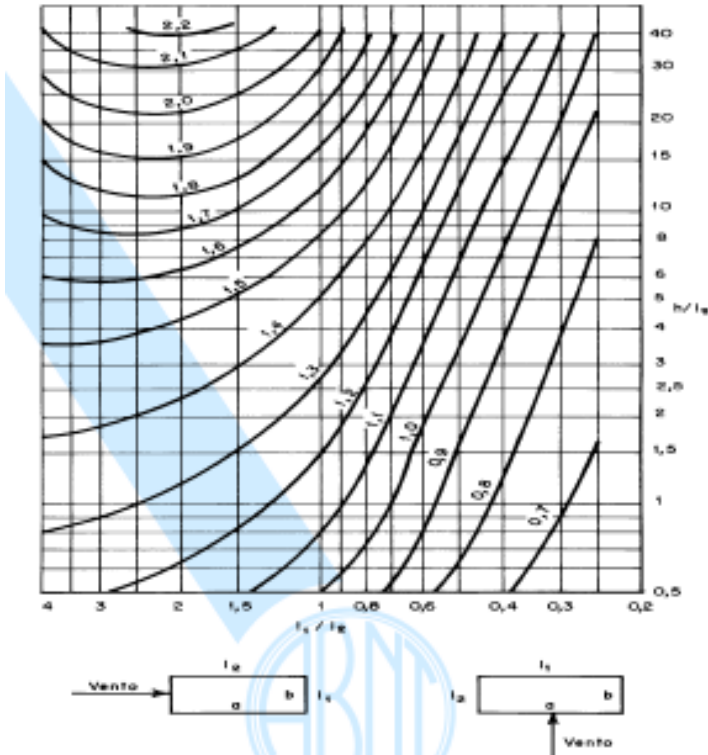


Figura 2. Coeficiente de arrasto para edificações paralelepípedicas em vento de baixa turbulência (Fonte: NBR 6123:1988).

8.2. ESTADOS LIMITES

E.L.U. Concreto E.L.U. UtilFendilhação. Betão E.L.U. Concreto em fundações	NRB 6118:2014(ELU)
Tensões sobre o terreno Deslocamentos	Ações características

8.3. 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

$$- \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

-Sem coeficientes de combinação

$$- \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

-Donde:

G_k Ação permanente

Q_k Ação variável

γ_G Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento

$\gamma_{p,1}$ Coeficiente de combinação da ação variável principal

$\gamma_{a,i}$ Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

8.4. COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (G) E COEF. DE COMBINAÇÃO (Y)

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

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

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

Situação 1				
	Coeficientes parciais de segurança (g)		Coeficientes de combinação (y)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (γ_p)	Acompanhamento (γ_a)
Permanente (G)	1.000	1.400	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.400	1.000	0.500
Vento (Q)	0.000	1.400	1.000	0.600

E.L.UtilFendilhação. Concreto: NBR 6118:2014

Situação 1				
	Coeficientes parciais de segurança (g)		Coeficientes de combinação (y)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (γ_p)	Acompanhamento (γ_o)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.400	0.300
Vento (Q)	0.000	1.000	0.300	0.000

Tensões sobre o terreno

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

Deslocamentos

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

8.5. COMBINAÇÕES

- Nomes das ações**

AP Permanente

Qa Sobrecarga

V(+X) Vento +X

V(-X) Vento -X

V(+Y) Vento +Y

V(-Y) Vento -Y

- E.L.U. Concreto**

- E.L.U. Concreto em fundações**

Comb.	AP	Qa	V(+X)	V(-X)	V(+Y)	V(-Y)
1	1.000					
2	1.400					
3	1.000	1.400				
4	1.400	1.400				
5	1.000		1.400			
6	1.400		1.400			
7	1.000	0.700	1.400			
8	1.400	0.700	1.400			
9	1.000	1.400	0.840			
10	1.400	1.400	0.840			

11	1.000			1.400		
12	1.400			1.400		
13	1.000	0.700		1.400		
14	1.400	0.700		1.400		
15	1.000	1.400		0.840		
16	1.400	1.400		0.840		
17	1.000				1.400	
18	1.400				1.400	
19	1.000	0.700			1.400	
20	1.400	0.700			1.400	
21	1.000	1.400			0.840	
22	1.400	1.400			0.840	
23	1.000					1.400
24	1.400					1.400
25	1.000	0.700				1.400
26	1.400	0.700				1.400
27	1.000	1.400				0.840
28	1.400	1.400				0.840

- **E.L.UtilFendilhação. Concreto**

Comb.	AP	Qa	V(+X)	V(-X)	V(+Y)	V(-Y)
1	1.000					
2	1.000	0.400				
3	1.000		0.300			
4	1.000	0.300	0.300			
5	1.000			0.300		
6	1.000	0.300		0.300		
7	1.000				0.300	
8	1.000	0.300			0.300	
9	1.000					0.300
10	1.000	0.300				0.300

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

Comb.	AP	Qa	V(+X)	V(-X)	V(+Y)	V(-Y)
1	1.000					
2	1.000	1.000				
3	1.000		1.000			
4	1.000	1.000	1.000			
5	1.000			1.000		
6	1.000	1.000		1.000		
7	1.000				1.000	
8	1.000	1.000			1.000	
9	1.000					1.000
10	1.000	1.000				1.000

9. MATERIAIS UTILIZADOS

9.1. CONCRETOS

Elemento	Concreto	f_{ck} (kgf/cm ²)	g_c
Elementos de fundação e Superestrutura	C30, usina. Rigor	300	1.40

9.2. AÇO EM BARRAS

Para todos os elementos estruturais da obra: CA-50-A e CA-60-B; $f_{yk} = 5097$ a 6116 kgf/cm²; $g_s = 1.15$

9.3. ALVENARIA ESTRUTURAL

Para os alvenaria estrutural: Bloco de concreto $f_{bk} = 8$ MPa; Graute $f_c k = 20$ MPa.

9.4. AÇO EM PERFIS

Tipo de aço para perfis	Aço	Limite elástico (kgf/cm ²)	Módulo de elasticidade (kgf/cm ²)
Aços dobrados	A-36	2548	2089704
Aços laminados	A-36	2548	2038736

Data de entrega: Junho de 2018

Eng. Wilson Jorge Marques
CREA nº: 0601496930
ART: 28027230172389153