



Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – PMBH

Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura – SMOBI

Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP

Diretoria de Planejamento e Controle de Empreendimentos – DPLC-SD

Departamento de Informações e Procedimentos Técnicos – DPIT-SD

Gerência de Normas e Padrões Técnicos – GENPA-SD

## PROCEDIMENTOS DE PROJETOS

# CAPÍTULO 12 ESTRUTURAS

EDIFICAÇÕES - 8ª EDIÇÃO: 04/2017

## SUMÁRIO

12. ESTRUTURAS .....	116
12.1 CONDIÇÕES GERAIS .....	116
12.2 ETAPAS DE PROJETO .....	116
12.3 ESTRUTURAS DE CONCRETO .....	119
12.4 ALVENARIA ESTRUTURAL .....	120
12.5 ESTRUTURAS DE AÇO E ESTRUTURAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO .....	120
12.6 NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES .....	127

Este documento faz parte dos Procedimentos de Projetos disponíveis no Portal PBH.

São reservados à Prefeitura Municipal de Belo Horizonte todos os direitos autorais. Desde que o documento seja referenciado, é permitida a reprodução do seu conteúdo. A violação dos direitos autorais sujeita os responsáveis às sanções cíveis, administrativas e criminais previstas da legislação.

## 12. ESTRUTURAS

### 12.1. CONDIÇÕES GERAIS

O projeto de estruturas deverá apoiar-se no levantamento de dados e informações pertinentes ao sistema, como:

- Resultado das investigações geotécnicas;
- Projetos de topografia, terraplenagem, contenções e fundações da área a edificar;
- Levantamentos e prospecções realizadas para a verificação das condições de segurança das edificações vizinhas.

Este projeto deverá estar totalmente compatibilizado com o projeto de arquitetura e demais complementares em todas as suas etapas de elaboração, para que todos os detalhes que interfiram com outros sistemas sejam elaborados em conjunto, de forma a estarem perfeitamente harmonizados entre si e visando as seguintes diretrizes:

- Fornecer os subsídios necessários para que as alternativas de partido arquitetônico não venham a ser inviabilizadas técnica, econômica ou esteticamente, por fatores estruturais;
- Fornecer o posicionamento e dimensões das peças estruturais que vierem a servir de condicionante na definição do anteprojeto de arquitetura;
- Inteirar-se do projeto como um todo, estendendo a análise aos desenhos e especificações, e retirando os subsídios para o cálculo definitivo das ações atuantes na edificação;
- Conhecer todas as instalações e utilidades a serem implantadas na edificação, que sejam condicionantes na escolha e dimensionamento do sistema estrutural;
- Analisar as especificações do Caderno de Encargos da SUDECAP para utilização de materiais e esquemas de execução;
- Na concepção da estrutura escolher esquemas estruturais que conduzam a melhores resultados tanto do ponto de vista técnico quanto econômico e funcional, adequando-os às condições da obra;
- Para atender aos requisitos de qualidade impostos às estruturas de concreto, o projeto deve atender a todos os requisitos estabelecidos na NBR6118 e em outras complementares e específicas, conforme o caso;
- Com o objetivo de garantir a qualidade da execução de uma obra, com base em um determinado projeto, medidas preventivas devem ser tomadas desde o início dos trabalhos. Essas medidas devem englobar a discussão e aprovação das decisões tomadas, a distribuição dessas e outras informações pelos elementos pertinentes da equipe multidisciplinar e a programação coerente das atividades, respeitando as regras lógicas de precedência. (NBR6118 de 04/2014 item 5.2.3.4).

### 12.2. ETAPAS DE PROJETO

#### 12.2.1. Anteprojeto

Consiste na concepção e no estudo de viabilidade técnica e econômica da estrutura, comparando as diversas soluções alternativas. Os parâmetros e critérios de comparação devem ter por objetivo selecionar a melhor solução para o CONTRATANTE, considerando os aspectos de economia, facilidades de execução, recursos disponíveis, segurança, funcionalidade e adequação da estrutura ao uso e outros fatores específicos.

Nesta etapa serão delineadas todos os serviços necessários à execução das estruturas, em atendimento às normas e ao Caderno de Encargos da SUDECAP.



Deverão estar graficamente representados:

- Incorporação da técnica construtiva, do sistema estrutural e dos sistemas de instalações adotados, devidamente compatibilizados;
- Planta, em escala adequada, apresentando a solução a ser adotada, com as indicações das características principais da estrutura;
- Desenhos unifilares de todos os pavimentos, indicando as dimensões das peças estruturais que vierem a condicionar o Projeto básico de arquitetura;
- Relatório justificativo, conforme Prática Geral de Projeto, onde deverá ser apresentado o estudo comparativo das opções estruturais com a justificativa técnica e econômica da alternativa eleita.

O Anteprojeto deverá estar compatibilizado com os projetos de arquitetura, terraplanagem e demais projetos complementares.

Apresentação:

- Serão definidos pelo supervisor o formato, número de pranchas e o tipo de apresentação;
- Escala igual ou superior a 1:100, ou a critério da supervisão;
- Quantitativos e orçamento preliminar.

#### **12.2.2. Projeto básico:**

Consiste no dimensionamento da solução aprovada no Anteprojeto, baseada nos estudos e pesquisas programadas na etapa anterior, de forma a permitir a previsão dos custos de execução.

O Projeto básico deverá estar compatibilizado com os projetos de arquitetura e demais complementares.

Deverão estar graficamente representados:

- Plantas de locação e formas de fundação;
- Formas de todos os pavimentos, incluindo dimensões principais, locações, níveis e contraflechas;
- Detalhes de armaduras especiais;
- Especificações técnicas de materiais e serviços.

Apresentação:

- Projeto plotado em papel sulfite, formato e número de pranchas serão definidos pelo supervisor. Escala igual ou superior a 1:100, ou a critério da supervisão;
- Arquivo digital do projeto elaborado em software CAD (extensão .DWG ou DXF), em versão indicada pelo SUPERVISOR;
- Selo devidamente preenchido, conforme padrão fornecido pela CONTRATANTE;
- Relatório técnico, onde deverão ser apresentados: descrição das soluções, justificativas técnicas dos dimensionamentos, considerações sobre o comportamento da estrutura ao longo do tempo, eventuais riscos de danos em edificações vizinhas, consumo de concreto por pavimento, previsão de consumo de aço por pavimento, consumo de formas por pavimento, a seqüência executiva obrigatória, se for requerida pelo esquema estrutural, metodologia executiva sucinta, características e disponibilidades dos equipamentos a serem utilizados;
- Quantitativos e orçamento detalhado – cópia impressa e arquivo digital.

### 12.2.3. Projeto Executivo

Consiste no detalhamento completo das estruturas concebidas e dimensionadas nas etapas anteriores. Deverá conter, de forma clara e precisa, todos os detalhes construtivos necessários à perfeita execução destas.

O projeto estrutural deverá ser desenvolvido indicando toda a estrutura, ou seja, deverá conter a representação de todas as lajes, pilares, vigas e paredes estruturais, com cortes nos dois sentidos, cotas, dimensões, níveis e todos os detalhes necessários à sua execução.

Identificar / indicar:

Os seguintes tópicos deverão ser observados durante o desenvolvimento do projeto estrutural:

- A escala a ser usada deverá ser acertada com a fiscalização, possibilitando que o projeto fique legível e claro, sem comprometer a facilidade de sua execução;
- A numeração dos elementos estruturais será feita em planta, de forma sequencial da esquerda para a direita e de cima para baixo, a partir do canto superior esquerdo do formato;
- Detalhamento das formas e armações da mesoestrutura (das vigas de fundação e dos blocos de coroamento), em escala adequada e com suas respectivas cotas altimétricas;
- Apresentar desenho referente à locação dos pilares;
- Numeração dos pilares com a indicação, em quadro específico, da carga de trabalho de cada um deles (mapa de cargas);
- Representar as formas de todos os pavimentos, inclusive das escadas, contemplando as dimensões principais, locações, níveis e contraflechas;
- As plantas de forma dos pavimentos deverão ser elaboradas de maneira que o observador esteja sob a laje que está sendo representada;
- Cortes e detalhes que se fizerem necessários ao correto entendimento da estrutura, inclusive em locais onde se encontram caixas d'água, barriletes e escadas;
- Indicação, por parcelas, de todas as cargas permanentes (peso próprio, revestimento, impermeabilização etc.) e acidentais (sobrecargas) consideradas em cada laje, escada e rampa;
- Indicação, em nota, da resistência característica do concreto, dos blocos estruturais e do aço;
- Indicação do esquema executivo quando assim o sugerir o esquema estrutural;
- Detalhamento de todas as peças do sistema estrutural e de suas ligações;
- Análise da interferência dos elementos estruturais definidos com os projetos complementares;
- As juntas de dilatação deverão ser claramente indicadas e especificadas/detalhadas nos desenhos de forma, com referência para as pranchas de detalhes, compatibilizados com os detalhes de arquitetura;
- Verificar a necessidade de enrijecimento das platibandas e/ou empenas, afim de se garantir a estabilidade dessas na edificação;
- Os elementos como rufos e rodapés para embutimento de impermeabilização, pingadeiras em vigas e outros arremates deverão estar devidamente detalhados e compatibilizados com o projeto de arquitetura;
- As plantas de forma que identificam os vários níveis da edificação, desde as fundações até a cobertura, deverão apresentar registros dos níveis em função da referência de nível (RN), do projeto de arquitetura;

- Previsão de passagens hidráulicas e elétricas em vigas, lajes e em alguns casos específicos nos pilares;
- No caso de projeto de tipologia de edificação padrão, o projeto estrutural ficará restrito à superestrutura, à mesoestrutura (englobando as vigas de fundação e os blocos de coroamento) e ao mapa de cargas, uma vez que a escolha do tipo de fundação dependerá das características particulares de cada terreno, onde será implantada a obra. Neste caso, a complementação do projeto, referente a sua fundação, dependerá das conclusões de estudos geotécnicos;
- Nos serviços de recuperação de peças estruturais ou de tratamento de concreto aparente, detalhar todo o procedimento a ser seguido e especificar os materiais a serem aplicados;
- Quando o método construtivo for condicionante para a execução da estrutura, devem ser indicados os pontos de içamento previstos e os pesos das peças da estrutura, além de outras informações que se demonstrarem relevantes. Além disso, devem ser indicadas as posições que serão ocupadas temporariamente por equipamentos principais ou auxiliares de montagem sobre a estrutura, posição de amarração de cabos ou espias etc.;
- Planta de forma e armação de subestações, quando for o caso.

#### Apresentação:

- Projeto plotado em papel sulfite, formato A1, escala 1:50, ou a critério da supervisão;
- Arquivo digital do projeto elaborado em software CAD (extensão .DWG ou .DXF), em versão indicada pelo SUPERVISOR;
- Selo devidamente preenchido, conforme padrão fornecido pela CONTRATANTE;
- Memorial de cálculo contendo a solução desenvolvida no projeto, explicitando os carregamentos em todas as peças e os critérios de cálculo adotados, devendo ainda, obrigatoriamente, conter todas as indicações necessárias à fácil compreensão e ao acompanhamento da sequência e operações de cálculo;
- Quantitativos e orçamento detalhado – cópia impressa e arquivo digital.

### 12.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO

#### 12.3.1. Condições Específicas:

- Indicação em notas: da resistência característica do concreto ( $f_{ck}$ ) e do aço para cada peça estrutural; relação a/c máxima; consumo mínimo de cimento; tipo e diâmetro máximo do agregado; aditivos e adições no concreto; slump e tolerância; módulo de elasticidade; classe de agressividade ambiental; tipo de cimento; nível de controle tecnológico;
- As plantas de forma de todos os pavimentos, inclusive das escadas e rampas, deverão incluir um quadro com os quantitativos de formas e volumes de todos os tipos de concreto utilizados;
- Detalhamento da armação de todas as peças do sistema estrutural;
- Apresentar listagem de ferros em cada formato de armações, constando o seu tipo, o seu diâmetro, a sua quantidade e os seus comprimentos unitários e totais, com numeração sequencial começando do n.º 1, além do quadro resumo de ferragem;
- Constar em notas nos desenhos de armação os cobrimentos utilizados na proteção das armaduras de cada peça do sistema estrutural;
- Deverão ser indicados nos desenhos o comprimento do trecho de trespasse das barras (quando houver necessidade);
- - O projetista deverá indicar em nota o tipo e o tempo mínimo recomendado para a cura do concreto, bem como detalhar o plano de desforma e descimbramento;

- Efeitos particulares ou de 2ª ordem, devidos a excentricidades de esforços e a características reológicas dos materiais, deverão merecer análise especial;
- No caso de elementos estruturais de grandes dimensões, implicando volume apreciável de concreto, o autor do projeto deverá prever plano adequado de concretagem. O plano de concretagem deverá incluir a forma de tratamento das juntas;
- Quando a laje for provida de abertura, deverá ser previsto o reforço nas regiões próximas às suas extremidades, e o mesmo deverá ser detalhado cuidadosamente para o pleno entendimento na obra;
- As armaduras longitudinais deverão ser espaçadas, de forma a assegurar concretagem eficiente. Assim, o projeto deverá prever espaços suficientes para a entrada de vibrador e evitar concentrações de barras de armadura, especialmente em regiões de emendas por traspasse; quando houver mais de uma camada de armadura, o espaçamento livre entre elas deverá ser especificado;
- O projeto deverá prever, em vigas com alturas maiores que 60 cm, as armaduras de pele, distribuídas nas faces laterais da zona tracionada;
- Para as lajes de cobertura sem telhado, indicar o caimento destas para o escoamento das águas pluviais e o sistema de impermeabilização.

## 12.4. ALVENARIA ESTRUTURAL

### 12.4.1. Condições Específicas:

Deverão ser observados os seguintes critérios necessários para o projeto de alvenaria estrutural:

- Apresentação do projeto com a modulação de todas as paredes, representando a 1a e 2a fiadas dos blocos, utilizando-se, se necessário, blocos especiais, compensadores ou enchimentos para o fechamento das paredes, não sendo permitida a quebra de blocos;
- Para a 2a fiada, indicar em planta a projeção de todas as interferências existentes (janelas, shafts, instalações, quadros etc.);
- No projeto estrutural as paredes deverão ser representadas com a alvenaria sem o revestimento;
- A marcação para a locação das paredes deverá ser feita com base nas faces externas dos blocos e com cotas acumuladas;
- Indicar em projeto quais paredes são estruturais e quais não são. Para as paredes estruturais, apresentar a numeração das mesmas;
- A numeração/identificação dos elementos estruturais deverá ser feita em planta, seguindo uma sequência de cima para baixo e da esquerda para a direita, a partir do canto superior esquerdo da prancha;
- Especificar, para cada parede estrutural, a família dos blocos a ser usada, segundo suas dimensões e a sua tipologia:
  - Bloco inteiro (predominante);
  - Blocos compensadores A e B (para o ajuste da modulação);
  - Blocos do tipo canaleta etc.;
- Especificar os requisitos físico-mecânicos dos blocos tais como resistência característica à compressão (fbk), absorção total, retração linear por secagem (estabilidade dimensional) etc.;
- A espessura de uma alvenaria não armada deverá ser igual ou superior a 14 cm ou 1/20 da sua altura, o que for maior, e não menos que 14 cm para alvenaria armada;



- Indicar a classe dos blocos utilizados, com base em suas famílias, como sendo:
  - Classe A – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo ( $f_{bk} > 6$  MPa);
  - Classe B – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo ( $f_{bk} > 4$  MPa);
  - Classe C – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo ( $f_{bk} > 3$  MPa);
  - Classe D – Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo ( $f_{bk} > 2$  MPa).
- Em projetos de alvenaria estrutural, é premissa que a estrutura esteja em conformidade com a arquitetura devidamente modulada, levando-se em consideração a família dos blocos a serem utilizados;
- Instalações de fluidos (água, gás, esgoto) ou que possam requerer algum tipo de manutenção não poderão ser embutidas nas paredes estruturais;
- Apresentar o detalhamento da paginação na elevação das paredes estruturais, compatibilizadas com todas as interferências (janelas, shafts, instalações, quadros, entre outros) situadas nas mesmas. Indicar também todos os blocos que serão furados para as saídas de pontos de tomadas elétricas;
- Detalhar a abertura para passagem de instalações hidrossanitárias e elétricas em lajes e vigas/cintas;
- Indicar em notas que o grauteamento, onde requerido, deve ser realizado no mínimo em 24 horas após o assentamento das paredes;
- Evitar o posicionamento de eletrodutos e tubulações em furos reforçados estruturalmente;
- Detalhar as juntas de dilatação na estrutura, devendo essas serem feitas pelo menos a cada 20 m nas edificações;
- Juntas de controle serão recomendadas onde houver variação de carga e de espessura de paredes, ou onde as paredes mudem bruscamente de direção;
- Indicar explicitamente, na modulação das paredes estruturais, a posição de todos os furos que receberão reforço vertical com graute e/ou armaduras de aço. Detalhar também a janela, que deverá ser feita no bloco da 1ª fiada, correspondente ao furo a ser reforçado, necessária para a inspeção quanto à correta execução do processo de reforço;
- Exigir em notas que antes de se verter o graute, os furos deverão estar perfeitamente desobstruídos;
- Detalhar as armaduras a serem usadas nos reforços da alvenaria estrutural, quando necessárias;
- Especificar as características gerais que o graute deverá apresentar, tais como o slump, a relação água /cimento, resistência característica a compressão ( $f_{gk}$ ), dosagem etc.;
- Especificar a utilização de aditivos na argamassa de assentamento e no graute quando necessário;
- Informar a resistência característica à compressão ( $f_{ak}$ ) e o traço da argamassa de assentamento dos blocos;
- Prever o emprego e detalhamento de vergas, contravergas e marcos das esquadrias na estrutura;
- Detalhar, para a última fiada de cada parede, o tipo de bloco a ser utilizado e/ou cintamento, quando necessário(s), para o apoio das lajes;

- O projeto deverá prever detalhe construtivo que permita a dilatação térmica na cobertura da edificação, evitando assim o aparecimento de trincas na estrutura;
- Detalhar a forma e armação das cintas, lajes, escadas e outras peças estruturais presentes no projeto;
- Apresentar o mapa de cargas a ser considerado para a fundação;

Deverão constar, em notas, as seguintes informações e orientações:

- Destacar que não será permitido o emprego de nenhum bloco quebrado na execução de uma alvenaria estrutural;
- Não serão permitidos rasgos nas paredes estruturais;
- Indicar a espessura das juntas de assentamento verticais e horizontais das paredes, e as suas respectivas tolerâncias;
- Para o caso das juntas verticais, indicar a necessidade ou não de seu preenchimento com argamassa;
- Indicar que as juntas horizontais deverão ser feitas com a colocação de argamassa sobre as faces laterais e sobre os septos transversais dos blocos. As juntas verticais a serem preenchidas, quando for o caso, deverão ser feitas pela aplicação de dois filetes de argamassa na parede lateral de um dos blocos;
- Não será permitida a abertura ou remoção de paredes estruturais sem a autorização do projetista;

Indicar no memorial descritivo, e em notas quando se julgar necessário, os seguintes cuidados:

- Será vedado o uso de qualquer tipo de calço no assentamento dos blocos;
- A argamassa não deverá obstruir os vazios dos blocos;
- A argamassa que teve contato com o chão ou andaime deverá ser descartada;
- Alvenarias recém elevadas deverão ser protegidas da chuva, evitando a remoção da argamassa das juntas e possíveis manchas, prejudiciais no caso de alvenarias aparentes;
- Qualquer parede que ficar com a fiada de respaldo exposta ao tempo deverá ser protegida da chuva, seja por meio de concretagem ou proteção de topo, evitando-se que o excesso de umidade através dos vazados dos blocos provoque problemas como eflorescências;
- Informar que as dimensões da altura das paredes, colunas e outros elementos deverão variar entre -5 mm a +10 mm. O desaprumo e desalinhamento máximo das paredes, colunas e outros elementos deve ser de + 13 mm além de atender aos limites de 5 mm a cada 3 m e 10 mm a cada 6 m;
- A descontinuidade de colunas e paredes de um andar para o outro poderá variar no máximo entre + 20 mm e + 13 mm, para elementos de vedação e estrutural respectivamente;
- As barras de aço deverão ser posicionadas ao longo da parede de acordo com sua bitola, tipo e localização indicados em projeto com precisão de 5 mm em relação à posição especificada;
- A altura máxima de lançamento do graute deverá ser de 1,6 m. Recomenda-se a concretagem em duas etapas para o pé-direito convencional de 2,80m, sendo a altura da 1a etapa normalmente definida pela altura das contravergas das janelas;
- Nos locais onde o graute estiver exposto ao tempo ou em condições de baixa umidade do ar, as superfícies expostas deverão ser protegidas por camadas de areia ou serragem e os blocos envolventes dos furos grauteados deverão ser umedecidos por 7, 3 ou 10 dias, conforme seja usado cimento Portland comum, ARI ou POZ/AF respectivamente.



Para o caso de serviços de recuperação e/ou reforço de peças estruturais, deverá ser detalhado e esquematizado por etapas todo o procedimento a ser seguido e especificados os materiais a serem usados.

Compatibilizar os projetos de estrutura, fundação, drenagem e terraplenagem do terreno, instalações hidrossanitárias e elétrica, alvenaria etc. É importante verificar também os locais dos Quadros de Distribuição, GLPS de alimentação para gás, torres de reservatório d'água, caixas de inspeção, entre outros.

A compatibilização dos projetos deverá prever a redução de desperdícios, especificação de materiais, escolha de técnicas construtivas, estratégia de transporte, armazenagem de materiais e outros assuntos que se julgarem relevantes para a otimização do processo construtivo.

A atividade de compatibilização dos projetos deverá ser exercida por profissionais habilitados que detenham total conhecimento do processo construtivo em alvenaria estrutural e que possuam experiência com este tipo de trabalho.

#### **12.4.2. Etapas de Projeto**

##### **a) Estudo Preliminar**

É nesta fase que se chega à definição da conveniência da solução em alvenaria estrutural. Sempre que avaliada essa opção, além de considerar os aspectos de estabilidade e resistência da estrutura, deverá ser considerada a implementação de medidas de racionalização construtiva durante a execução.

Deverão ser considerados aspectos relativos a:

- Adequação técnica da solução e funcionalidade arquitetônica ao conceito da alvenaria estrutural;
- Viabilidade da solução estrutural das zonas de transição e do resto da superestrutura;
- Viabilidade da solução estrutural da fundação;
- Número de pavimentos da edificação;
- Movimentos de terra ou necessidade de se estabilizar taludes, construção de arrimos ou execução de fundações especiais;
- Tipo e qualidade de componentes disponíveis no mercado;
- Nível de interferência entre o projeto de alvenaria estrutural e os demais.

##### **b) Anteprojeto**

Do ponto de vista da interferência com outros projetos, no anteprojeto exclusivo da alvenaria estrutural deverão ser estudados:

- Níveis e pé-direito;
- Localização da caixa d'água;
- Passagem de prumadas e ramais de distribuição;
- Possibilidade de definição de paredes hidráulicas;
- Sistemas de esquadrias e localização;
- Tipo e espessura de revestimentos;
- Localização e dimensões propostas pela arquitetura para paredes, pilares e vigas.

Para definição das características próprias da alvenaria, definir:

- Paredes resistentes no pavimento tipo e suas seções resistentes, de acordo com a forma de amarração entre elas;
- Definição das áreas de influência da laje sobre cada uma das seções resistentes;
- Definição das cargas verticais e laterais;
- Distribuição das cargas verticais e laterais;
- Determinação das tensões máximas de compressão, flexão e cisalhamento para cada um dos elementos da estrutura e verificação da capacidade resistente, segundo as propriedades dos materiais propostos;
- Realizadas tais definições, tem-se a determinação do tipo de componente de alvenaria a utilizar em relação a sua resistência, graute com ou sem reforço, paredes duplas etc.

Feito o dimensionamento da alvenaria, deve-se proceder à modulação horizontal e vertical, baseando-se nas características geométricas dos componentes e na utilização de blocos especiais compensadores, em busca da solução mais racional possível.

A definição da modulação poderá ocasionar a introdução de mudanças dimensionais da arquitetura proposta.

É importante contar com a definição clara dos vãos das esquadrias e da localização e dimensões das prumadas e ramais de distribuição das instalações. Assim, exige-se que os anteprojetos de arquitetura e sistemas prediais acompanhem o desenvolvimento desta fase do projeto de alvenaria estrutural.

A definição das características da alvenaria deverá seguir as seguintes diretrizes:

- Utilização de um mínimo de elementos, componentes ou peças;
- Pré-moldagem de elementos complexos;
- Adoção de sistema de coordenação modular;
- Compatibilização das espessuras das alvenarias com as espessuras dos elementos estruturais, particularmente as vigas;
- Compatibilizar a modulação da alvenaria com a posição prevista para as esquadrias de portas e janelas;
- Compatibilizar a altura das esquadrias de portas e janelas com altura de vigas, procurando eliminar a necessidade de vergas;
- Compatibilizar a posição dos eixos de referência da alvenaria com os do resto da estrutura e do projeto de instalações.

Sempre que possível deverão ser oferecidas alternativas visando fornecer opções que satisfaçam aos requisitos dos demais projetos. Com o dimensionamento da superestrutura e a definição dos eixos da edificação, pode-se ter a definição da magnitude e localização das cargas para o projeto de fundação.

Detalhamento da estrutura:

- Rede de interrupções na execução da alvenaria;
- Juntas entre elementos construtivos;
- Padronização de detalhes em elevação;
- Previsão de dutos e locais de passagem de tubulações;
- Padronização de detalhes repetitivos;
- Coordenação dimensional de todos os componentes.



## 12.5. ESTRUTURAS DE AÇO E ESTRUTURAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO

### 12.5.1 Condições Específicas:

Com relação ao projeto estrutural em aço e/ou estrutura mista de aço e concreto, deverão ser observados os seguintes critérios necessários:

- Para o dimensionamento da estrutura, somente será permitido o emprego de aços estruturais;
- Deverão ser seguidos os critérios de dimensionamento da norma ABNT NBR 8800 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios – Método dos estados limites - para as estruturas de aço constituídas por perfis laminados e/ou soldados e os critérios da ABNT NBR 14762 - Dimensionamento de Estruturas de Aço constituídas por perfis formados a frio - Procedimento - para as estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Normas e especificações estrangeiras somente poderão ser usadas quando referenciadas por normas brasileiras;
- A estrutura metálica e/ou mista de aço e concreto deverá ter todos os seus componentes (vigas, pilares, chapas, parafusos, soldas, conectores etc.) especificados quanto ao tipo de aço empregado em cada um;
- Para a estrutura de aço e/ou mista de aço e concreto, deverá ser adotada a escolha criteriosa de perfis, chapas e demais componentes comercialmente existentes no mercado;
- Indicar as resistências de cálculo de todos os componentes de aço da estrutura metálica e/ou mista de aço e concreto;
- Nas ligações metálicas e/ou mistas de aço e concreto, deverão ser detalhados e especificados todos os elementos de ligação (enrijecedores, chapas de ligação, cantoneiras, consolos etc.) e os meios de ligação (soldas, parafusos, barras redondas rosqueadas, pinos, chumbadores etc.);
- Para as estruturas mistas de aço e concreto, deverão ser detalhados e especificados os seus conectores;
- Para as ligações parafusadas, especificar o diâmetro de todos os furos, parafusos, o emprego de porcas e arruelas, dentre outras informações que também se fizerem necessárias;
- Indicar o espaçamento entre parafusos, e entre os parafusos de extremidade e as bordas dos perfis e/ou chapas;
- Para o caso das soldas, a simbologia adotada deverá seguir as diretrizes da AWS A2.4. Deverá ser especificado, também, o eletrodo utilizado na ligação;
- Nas ligações com parafusos de alta resistência, os desenhos de projeto devem indicar se o aperto destes será normal ou com protensão inicial. Neste último caso, para os parafusos que trabalhem a cisalhamento, indicar se a ligação será por atrito ou por contato;
- Indicar nos desenhos, sempre que necessário, a sequência de execução de ligações importantes, para evitar o aparecimento de empenos ou tensões residuais excessivas;
- Informar, em projeto, a lista de materiais com o quantitativo dos componentes da estrutura metálica (perfis, chapas, parafusos, arruelas, porcas etc.);
- Detalhar as juntas de dilatação na estrutura;
- Detalhar todos os sistemas de contraventamento previstos para a construção;
- Para o projeto de coberturas metálicas deverá ser representado o detalhamento das tesouras e dos perfis que a constituem, das ligações parafusadas e soldadas, terças, lanternin, rufos, amarração das telhas e outras informações que se demonstrarem relevantes;

- Visando a durabilidade da construção, as partes metálicas das estruturas de aço e/ou mistas de aço e concreto deverão ser projetadas considerando-se os efeitos da corrosão produzidos pelo meio ambiente. Deverá ser previsto algum tipo de proteção para os elementos de aço da estrutura como, por exemplo, galvanização, pinturas especiais etc.;
- Especial atenção deverá ser dada aos detalhes construtivos que favorecem o processo de corrosão como, por exemplo, pontos que permitem o acúmulo de líquidos e poeira;
- Apresentar o mapa de cargas a ser considerado para a fundação;
- Para o caso de estruturas enterradas, deverá ser verificada, pelo projetista, a necessidade de prover a estrutura de proteção catódica;
- A ação do fogo nas estruturas altera as propriedades físicas e mecânicas dos materiais que a compõem. O retardamento dessas alterações poderá ser obtido através do emprego de perfis com uma sobresspessura ou pelo revestimento desses com mantas, argamassas ou tintas especiais. A fim de se garantir as condições de segurança das estruturas de aço em situações de incêndio, deverão ser seguidos as diretrizes contidas nas normas ABNT NBR 14323 - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento, ABNT NBR 14432 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento, e nas instruções técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais IT 06 e IT 09;
- Detalhar a passagem de instalações hidrossanitárias e elétricas em vigas e lajes;
- Para o caso de serviços de recuperação e/ou reforço de peças estruturais, deverá ser detalhado todo o procedimento a ser seguido e especificados os materiais a serem usados;
- Deverão ser detalhados os dispositivos necessários para uma perfeita interação na interface entre a estrutura e a alvenaria de vedação, garantindo-se, assim, a estanqueidade da mesma;
- A compatibilização dos projetos deverá prever a redução de desperdícios, especificação de materiais, escolha de técnicas construtivas, estratégia de transporte, armazenagem de materiais e outros assuntos que se julgarem relevantes para a otimização do processos construtivo;
- A atividade de compatibilização dos projetos deverá ser exercida por profissionais habilitados que detenham total conhecimento do processo construtivo em estruturas de aço e/ou mistas de aço e concreto, dependendo do sistema estrutural a ser projetado, e que possuam experiência com este tipo de trabalho;
- Os desenhos de montagem deverão indicar, ainda, as dimensões principais da estrutura, marcas das peças, elevações das faces inferiores das placas de base dos pilares, todos os detalhes para a colocação de chumbadores, posições de montagem e outras informações necessárias à execução da construção;
- Deverão ser claramente representados todos os elementos permanentes ou temporários necessários para a integridade da estrutura parcialmente construída;
- Os desenhos de fabricação deverão traduzir fielmente, para a fábrica, as informações contidas nos desenhos de projeto, dando informações completas para a produção de todos os elementos componentes da estrutura, incluindo materiais utilizados e suas especificações, locação, tipo e dimensão de todos os parafusos, soldas de fábrica e de campo;
- Para as estruturas mistas de aço e concreto, deverão ser observados os critérios de projeto, referentes ao concreto, contidos no item 12.3 deste Manual (Estruturas de Concreto).

## **12.6. NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES**

Os projetos de estrutura deverão atender também às seguintes Normas e Práticas Complementares:

ABNT NBR 5419 – Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas

ABNT NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento.

ABNT NBR 6120 – Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações

ABNT NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações.

ABNT NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações

ABNT NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos

ABNT NBR 6489 – Prova de Carga Direta sobre Terreno de Fundação

ABNT NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira

ABNT NBR 7242 – Peça fundida de aço de alta resistência para fins estruturais

ABNT NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação

ABNT NBR 8681 – Ações e Segurança nas Estruturas - Procedimento

ABNT NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (método dos estados limites)

ABNT NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado

ABNT NBR 10837 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - Procedimento

ABNT NBR 14323 – Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento

ABNT NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento

ABNT NBR14762 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio

AWS A2.4 – Standard symbols for welding, brazing, and nondestructive examination

IT 06 – Segurança estrutural das edificações, Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

IT 09 – Carga de incêndio nas edificações e área de riscos, Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais