



Av. Brigadeiro Faria Lima, 1993, 6º andar, Cj. 61 – 01452-001 - São Paulo – SP
 Fone: (11) 3938-9400 - Fax: (11) 3938-9407
 Site: www.abece.com.br - E-mail: abece@abece.com.br



Av. Rio Branco, 181 – 28º Andar – Centro – Rio de Janeiro – RJ
 20040-007 – Fone: (21) 2141-0001 – Fax: (21) 2262-2234
 Site: www.cbca-ibs.org.br – E-mail: cbca@ibs.org.br

Recomendações para elaboração de projetos estruturais de edifícios em aço

O presente trabalho tem como objetivo fornecer recomendações e orientações aos projetistas e contratantes para elaboração de projetos estruturais em aço, que atendam aos requisitos essenciais de **segurança estrutural, durabilidade e funcionalidade**.

As recomendações estão subdivididas em duas fases:

1. **Concepção estrutural e ante-projeto**
2. **Projeto executivo.**

Ressalta-se que estas orientações foram elaboradas considerando-se que o profissional atuante na Engenharia Estrutural tem pleno conhecimento das normas técnicas brasileiras vigentes e pertinentes à atividade de projeto.

Relação de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT está apresentada a seguir, ressaltando-se que todo projeto estrutural deverá atender integralmente ao disposto nas mesmas.

- * ABNT NBR 8800:2008: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.
- * ABNT NBR 6118:2007: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.
- * ABNT NBR 6120:1980: Cargas para cálculo de estruturas de edificações – Procedimento.
- * ABNT NBR 6123:1988: Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento.
- * ABNT NBR 5000:1981: Chapas grossas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica
- * ABNT NBR 5004:1981: Chapas finas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica.
- * ABNT NBR 5008:1997: Chapas grossas e bobinas grossas, de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural.
- * ABNT NBR 5884:2005: Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico – Requisitos gerais.

- * ABNT NBR 5920:1997: Chapas finas a frio e bobinas finas a frio, de aço de baixa liga, resistente à corrosão atmosférica, para uso estrutural- Requisitos.
- * ABNT NBR 5921:1997: Chapas finas a quente e bobinas finas a quente, de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural – Requisitos.
- * ABNT NBR 6648:1984: Chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural.
- * ABNT NBR 6649:1986: Chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural.
- * ABNT NBR 6650:1986: Chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural.
- * ABNT NBR 7007:2002: Aços-carbono e microligados para uso estrutural.
- * ABNT NBR 8261:1983: Perfil tubular, de aço-carbono, formado a frio, com e sem costura, de seção circular, quadrada ou retangular para usos estruturais.
- * ABNT NBR 8681:2003: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento.
- * ABNT NBR 14323:1999: Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio- Procedimento.
- * ABNT NBR 14432:2001: Exigências de resistência ao fogo de Elementos construtivos de edificações – Procedimento.
- * ABNT NBR 14762:2001: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento.
- * ABNT NBR 15279:2005: Perfis estruturais de aço Soldados por alta frequência (eletrofusão) - Perfis I, H e T - Requisitos.

É importante destacar que a citação direta neste texto de itens das normas técnicas não tem como objetivo substituir suas prescrições, mas sim ressaltar aspectos importantes contidos nas mesmas.

1. Conceção estrutural e ante-projeto

Na concepção do projeto, uma das principais preocupações do projetista estrutural deverá ser a interação com as demais disciplinas, em especial com a arquitetura, ação essa que irá direcionar grande parte das decisões de projeto.

Os ante-projetos deverão apresentar a definição estrutural de todos os pavimentos, já devendo ter sido contemplados:

- o dimensionamento dos diversos elementos estruturais quanto aos seus respectivos estados limites;
- as verificações necessárias para garantir a estabilidade global da estrutura;
- o respeito aos estados limites em serviço: deformações verticais, horizontais e vibrações.

O desenvolvimento do projeto estrutural deverá obedecer às prescrições da NBR 8800, devendo nesta fase contemplar os itens a seguir:

1.1 – Qualidade e durabilidade

Uma das principais inovações introduzidas pela NBR 8800 diz respeito às exigências para garantir que, independente da estrutura projetada, seja alcançada a vida útil prevista para o ambiente existente, com a manutenção preventiva especificada, dentro das condições de carregamento impostas. Essas exigências devem ser adotadas de comum acordo e referendadas pelo Proprietário ou por preposto por ele indicado.

É muito importante identificar a categoria de corrosividade do ambiente no qual a estrutura será implantada, a fim de se definir o sistema de proteção à corrosão do aço, principalmente no caso da estrutura ficar aparente, visando garantir sua durabilidade.

Para atender a essas exigências de norma, o projeto estrutural deverá prever:

- classificação correta do tipo de ambiente e sua categoria de corrosividade (Anexo N da NBR 8800);
- intenção de vida útil da estrutura projetada;
- escolha do tipo de proteção mais adequado.

1.2 - Materiais

O projeto deverá ter indicações explícitas dos materiais adotados:

- Tipo de aço com seus limites de escoamento e de ruptura mínimos;
- Tipo de parafuso;
- Tipo de eletrodo para solda;
- Tipo de laje;
- Tipo de conectores .

Esses e outros parâmetros que se julgar necessários formarão a especificação necessária para a contratação do fornecimento e montagem das estruturas.

1.3 – Ações externas

Devem ser definidas as ações a serem aplicadas na estrutura, seus coeficientes de segurança e as combinações de carga que serão analisadas.

Os carregamentos verticais deverão prever a atuação de cargas acidentais em função da utilização de cada ambiente, de acordo com o especificado na NBR 6120:1980.

O projeto deverá conter indicações explícitas das cargas admitidas nas diversas fases da execução e utilização da estrutura, em especial, com relação aos valores previstos para:

- permanentes (lajes, revestimentos, forros, material de proteção passiva, se houver, etc.);
- acidentais de utilização.

Além dos carregamentos verticais, deverão ser previstos outros carregamentos externos, em função das características de cada edificação.

Vento

O efeito do vento em edifícios deve ser sempre considerado, devendo o mesmo ser avaliado desde o início da concepção da estrutura.

Para a velocidade básica (V_0) devem ser adotados valores iguais ou superiores aos das velocidades estabelecidas no gráfico de isopletras no Brasil que consta na NBR 6123:1988.

Devem ser cuidadosamente determinados os fatores S1, S2 e S3 que irão compor a velocidade característica, bem como, os fatores de forma, que vão indicar no final qual a pressão do vento na estrutura.

Como a norma salienta, nos casos de dúvida e em obras de excepcional importância, o projetista da estrutura deve fazer um estudo específico de velocidade e obtenção de coeficientes de força.

Da mesma forma, para edificações de formas, dimensões e localização fora do comum, deve-se recorrer a ensaios específicos em túnel de vento.

Para estruturas esbeltas o projetista estrutural deve verificar a necessidade de determinação dos efeitos dinâmicos devidos à turbulência do vento, conforme Capítulo 9 da NBR 6123:1988.

Imperfeições globais

Na análise global de estruturas, sejam elas contra-ventadas ou não, deve ser considerado um

desaprumo dos elementos verticais (pilares e paredes) conforme item 4.9.7 da NBR 8800.

O desaprumo global não deve necessariamente ser superposto ao correspondente carregamento de vento, sendo que, entre desaprumo e vento, precisa ser considerado apenas o carregamento mais desfavorável à estrutura.

Empuxos diferenciais

É de grande importância a verificação dos esforços devidos a empuxos desequilibrados que podem chegar a valores significativos e precisam de uma estrutura rígida para sua absorção, como é o caso de algumas estruturas localizadas nos sub-solos.

Todas as possibilidades de atuação de empuxos desequilibrados deverão ser levadas em consideração no projeto e no dimensionamento dos elementos estruturais.

Carregamentos especiais

Deve-se verificar a necessidade de consideração de cargas especiais nos pavimentos de acordo com as exigências de cada obra.

Cargas dinâmicas que requeiram verificações especiais devem ser identificadas e consideradas nas análises.

Segurança contra incêndio

A NBR 8800 não abrange o dimensionamento de estruturas em situação de incêndio, que deve ser feito de acordo com a norma ABNT NBR 14323.

Em relação às condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação que integram os edifícios, para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural, deverão ser utilizadas as prescrições da NBR 14432.

1.4 – Concepção estrutural

O projeto deve ter uma concepção estrutural clara, oferecendo o perfeito entendimento de como a estrutura funciona, para que se possa validar os resultados obtidos, qualquer que seja o processo de cálculo utilizado.

A concepção deverá considerar os seguintes itens:

- limitações impostas pelo projeto arquitetônico;
- adequação do sistema estrutural escolhido para cada pavimento;
- análise da interface entre a estrutura e projetos hidráulicos, elétricos e de ar condicionado;
- adequação da interface da vedação interna e externa com a estrutura;
- facilidade de fabricação e montagem.

A definição da estrutura, muitas vezes, implica em métodos executivos especiais, tais como:

- soldas no local;
- sistema de inspeção;
- energia no local;
- estruturas atirantadas, que precisam ser escoradas durante o processo de montagem, etc.

Todos estes pontos devem ser destacados nesta fase pois fazem parte da definição da estrutura e devem ser contemplados no detalhamento e na execução.

O sistema de montagem pode ocasionar uma verificação adicional na conferência da estabilidade da estrutura parcialmente montada, ou montada mas não solidarizada.

Dimensões limites dos elementos estruturais

O projetista estrutural deve respeitar as dimensões mínimas para os diversos elementos, prescritas na NBR 8800, bem como as dimensões a serem respeitadas para o transporte das peças.

Especial atenção deve ser dada às espessuras mínimas de lajes, que devem atender ao item 13.2.4 da NBR 6118:2007, principalmente em lajes maciças.

1.5 – Análise estrutural

É extremamente importante que, desde a primeira etapa, sejam verificadas a estabilidade global da estrutura, as deformações verticais e horizontais e a estabilidade local nos pilares.

Qualquer ponto de análise que seja relevante deve ser verificado, evitando-se alterações posteriores na geometria, comprometendo os demais projetos e muitas vezes as estimativas de custo do empreendimento, sem perder de vista o foco da segurança total da estrutura.

Deve-se dar atenção especial às regiões com excessiva concentração de esforços, verificando-se a adequação do modelo.

Na análise da estrutura em serviço deverão ser obedecidas as prescrições de norma, considerando-se efeitos a longo prazo para as deformações e variações térmicas.

Quando as cargas variáveis forem significativas, deve-se verificar a estrutura para situações de alternância de carga.

Para estruturas muito esbeltas ou de vãos elevados, é importante que seja feita uma adequada avaliação da possibilidade de vibração da estrutura.

Deformações

As deformações verticais dos pavimentos, bem como as horizontais do edifício e entre pavimentos, devem estar de acordo com o Anexo C – Deslocamentos Máximos da NBR 8800.

1.6 – Avaliação de esforços internos adicionais

De acordo com a concepção estrutural adotada, esforços adicionais poderão se desenvolver internamente aos elementos estruturais, em especial aos de 2ª ordem que requerem uma verificação adicional.

De acordo com a extensão da edificação deverão ser previstas juntas de dilatação, para evitar-se maiores problemas de deformação em paredes e pisos.

Esforços transmitidos para as fundações oriundos do quadro de cargas, deverão ser analisados por um especialista em projeto de fundações, pois dependendo do tipo de solo, poderá haver mudança na interface pilar de aço com a mesma.

1.7 – Produtos gerados nesta fase de projeto

Dados técnicos de projeto

Deve ser apresentado um documento com citações das especificações e critérios adotados no projeto, tais como:

- tipos de aço;
- tipos de parafusos;
- tipos de solda;
- categoria de corrosividade do ambiente;
- cargas adotadas;
- deslocamentos previstos;
- cargas nas fundações com o tipo de fixação (rotulada ou engastada);
- definição dos tipos de ligações entre vigas e vigas - pilares, etc.

2. Projeto executivo

O projeto executivo deve observar todas as orientações já destacadas na 1ª fase. Deve-se confirmar com os projetistas das demais especialidades se foram adotadas

soluções que garantam a durabilidade da estrutura, tais como drenagem, proteção contra fogo, se for o caso, proteção à corrosão, etc.

No caso de lajes pré-moldadas, as mesmas devem ser verificadas em todas as fases.

O projeto executivo deve conter todos os detalhes e indicações de métodos construtivos que permitam a sua perfeita compreensão e execução. Entre essas preocupações principais, pode-se citar:

- facilidade de interpretação dos desenhos;
- posição das juntas, conforme modelo estrutural adotado;
- filas e eixos de locação da obra posicionadas claramente;
- indicações claras de pontos especiais da estrutura, tais como:
 - rebaixos de vigas e lajes;
 - furos em vigas para passagem de dutos;
 - contra flechas, etc.
- especificação dos materiais;
- indicação dos carregamentos adotados;
- tipos de ligações adotados.

Considerações finais

As recomendações aqui apresentadas indicam os principais cuidados a serem tomados no desenvolvimento de um projeto estrutural de qualidade. Cabe ao projetista estrutural analisar, para cada empreendimento específico, cuidados adicionais a serem tomados.

Nesse sentido, a leitura atenta das normas técnicas e a obediência às suas prescrições são de fundamental importância para embasar as decisões técnicas de projeto, garantindo adicionalmente proteção jurídica ao projetista e ao contratante em eventuais problemas futuros.

A ABECE e o CBCA esperam que, com estas recomendações, os projetos elaborados passem a adotar um padrão mínimo de qualidade para as estruturas de aço, o que se traduzirá em benefícios para toda a cadeia da construção civil e maior segurança ao usuário.