

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – PBH

Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura – SMOBI

Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP

Diretoria de Planejamento e Controle de Empreendimentos – DPLC-SD

Gerência de Normas e Padrões Técnicos – GENPA-SD

PROCEDIMENTOS DE PROJETOS SUDECAP

Este documento faz parte dos Procedimentos de Projetos SUDECAP 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.

CAPÍTULO 16

ESTRUTURA DE AÇO

PUBLICAÇÃO: 02/08/2023

ATUALIZAÇÃO: 14/04/2026

SUMÁRIO

16	ESTRUTURA DE AÇO	16-2
16.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16-2
16.2	CONDIÇÕES ESPECÍFICAS	16-3
16.3	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO	16-5
16.4	NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES	16-12
	REFERÊNCIAS	16-13

16 ESTRUTURA DE AÇO

16.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A estrutura de um empreendimento, tanto de edificação quanto de infraestrutura urbana, é o que o sustenta, sendo composto por vários elementos, por exemplo: lajes, vigas, pilares, tirantes, treliças, arcos. O objetivo da estrutura é viabilizar a construção e a estabilidade do empreendimento ao tornar-se o caminho percorrido pelas forças que atuam sobre ele para chegarem ao solo, sendo imprescindível atender aos requisitos de segurança, durabilidade, estética, funcionalidade, etc. determinados nas normas técnicas (Rebello, 2000). Com base neste conceito, é adotada a seguinte divisão do projeto estrutural nos Procedimentos de Projetos SUDECAP em função dos fluxos de trabalho:

- Projeto de CONTENÇÃO – CAPÍTULO 13;
- Projeto de FUNDAÇÃO – CAPÍTULO 14;
- Projeto de SUPERESTRUTURA, subdividido em:
 - Estrutura de Concreto – CAPÍTULO 15;
 - Estrutura de Aço – CAPÍTULO 16;
 - Alvenaria Estrutural – CAPÍTULO 17.
- Projeto de Estrutura de Cobertura – CAPÍTULO 25.

A definição do sistema estrutural a ser executado na obra deve ser feito em conjunto entre a CONTRATADA e a FISCALIZAÇÃO levando-se em consideração aspectos técnicos, logísticos e legais, por exemplo:

- Execução: influência no prazo do empreendimento (moldagem e execução da estrutura in loco, montagem de estruturas pré-fabricadas, sistema misto);
- Materiais disponíveis: combinação de diversos materiais (cimento, areia, água, aço, etc.) ou número mínimo de materiais (aço, madeira, etc.);
- Mão de obra: quantidade e qualificação dos operários para a execução da estrutura;
- Peso: influência no tipo e na quantidade de elementos da fundação;
- Desempenho térmico dos materiais: influência no conforto térmico do empreendimento;
- Requisitos de segurança: influência das características dos materiais (por exemplo: resistência aos esforços em função da altura ou dos vãos);
- Custo global das soluções em função da disponibilidade dos materiais próximos da obra, da disponibilidade e qualidade da mão de obra, da disponibilidade do espaço para armazenamento dos materiais, do gerenciamento dos resíduos, dos tipos e forma de aquisição dos equipamentos necessários, etc.

Neste capítulo, são abordadas as diretrizes para elaboração e apresentação dos projetos de estruturas de aço. O projeto da estrutura de aço deve ser elaborado simultaneamente com todos os demais projetos do empreendimento para que todas as soluções propostas estejam compatibilizadas. Para elaborar o projeto de estrutura de aço, o RESPONSÁVEL TÉCNICO deve apoiar-se nas informações pertinentes produzidas no LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES PRELIMINARES, no LEVANTAMENTO DE DADOS e no ESTUDO PRELIMINAR, como:

- Resultados das investigações geológico-geotécnicas;
- Levantamentos topográficos;
- Prospecções e levantamentos realizados para verificar as condições de segurança dos elementos estruturais existentes no empreendimento e das construções existentes na área de influência da obra;
- Implantação do empreendimento, como terraplenagem e contenções da área a edificar, etc.

Conforme definido na legislação e nas normas técnicas vigentes, antes da fase de construção, preferencialmente durante as ETAPAS DE PROJETOS, o projeto de estrutura de aço deve ser objeto de Avaliação da Conformidade do Projeto Estrutural, a ser realizada por profissional habilitado, independente e diferente do RESPONSÁVEL TÉCNICO do projeto. A descrição desse serviço está contida no APÊNDICE K – AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE PROJETOS ESTRUTURAIS.

16.2 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Nos tópicos seguintes, são apresentadas algumas diretrizes de concepção do projeto de estrutura de aço, que devem ser avaliadas pelo RESPONSÁVEL TÉCNICO e entendidas como balizadoras e não restritivas e/ou exclusivas, sendo primordial o conhecimento e o atendimento aos demais princípios técnicos e científicos aplicáveis.

16.2.1 Concepção

As soluções do projeto de estrutura de aço devem ser propostas compatibilizadas com as soluções dos demais projetos do empreendimento, como arquitetura, urbanismo, estrutural, das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias e mecânicas, etc., em todas as ETAPAS DE PROJETO, para que todos os detalhes que interferem com os sistemas sejam elaborados em conjunto, de forma a estarem perfeitamente harmonizados entre si e visando:

- 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 dos projetos de arquitetura e/ou urbanismo do empreendimento;
- Fornecer as informações necessárias para a elaboração do Plano de Execução da Obra (PEO) - APÊNDICE H.
- Conhecer todas as instalações e utilidades a serem implantadas no empreendimento, que sejam condicionantes na escolha e dimensionamento do sistema estrutural, como o Sistema de Proteção Individual de Queda (SPIQ), comumente chamado de Linha de Vida, descrito no APÊNDICE H – PLANO DE EXECUÇÃO DA OBRA;
- Retirar os subsídios para o cálculo definitivo das ações atuantes no empreendimento a partir da análise do projeto como um todo – desenhos e especificações.

Na concepção do projeto de estrutura de aço o RESPONSÁVEL TÉCNICO deve escolher esquemas estruturais que conduzam aos melhores resultados tanto do ponto de vista técnico quanto econômico e funcional, adequando-os às condições da obra. Nesse sentido, é imprescindível atender aos critérios usuais da Teoria e Estabilidade das Estruturas e a todos os requisitos estabelecidos nas normas técnicas vigentes, conforme o caso, por exemplo:

- Classe de agressividade ambiental da região;
- Nível de controle tecnológico;
- Tipo de ambiente e grau de agressividade;
- Vida útil do projeto;
- Estanqueidade e/ou drenagem dos elementos em relação à água de chuva e de limpeza;
- Acesso para inspeção e manutenção;
- Especificação dos acabamentos e proteções das peças estruturais;
- Características dos materiais;
- Ações a serem aplicadas na estrutura:
 - Cargas permanentes;
 - Cargas variáveis/acidentais (pessoas, mobiliário, veículos, materiais diversos, etc.);
 - Sobrecarga de utilização;
 - Ações devidas ao vento;
 - Imperfeições globais;
 - Variações volumétricas (retração, variação térmica, etc.);
 - Ações dinâmicas de equipamentos;
 - Ações decorrentes da execução da obra (tráfego de caminhão betoneira, rolo compressor, guindaste, etc.);
 - Ações excepcionais;
 - Ações provenientes de estruturas complementares.
- Trabalho das peças em regime de serviço e com segurança adequada ao estado de ruína;
- Cálculos dos deslocamentos e da resistência elaborados com base nas propriedades dos materiais e nas normas técnicas vigentes.

16.2.2 Materiais e Técnicas Construtivas

A racionalização dos processos construtivos deve ser levada em consideração objetivando a redução dos prazos e custos da obra, bem como a possibilidade de aumento da qualidade da construção. Assim, deve-se analisar as especificações do Caderno de Encargos SUDECAP para utilização de materiais e esquemas de execução e verificar a possibilidade de adoção de materiais, processos e elementos padronizados e industrializados no projeto do empreendimento e seus elementos, bem como:

- Propor técnicas construtivas adequadas à indústria, aos materiais e à mão de obra locais, por exemplo: especificar componentes estruturais de aço disponíveis no mercado regional ou peças metálicas sem estruturas longas, evitando peças com dimensões inviáveis de serem montadas no canteiro de obra;
- Propor soluções compatíveis com a disponibilidade financeira da CONTRATANTE;
- Priorizar soluções que contribuam para a redução e racionalização do consumo de materiais, bem como para a minimização do desperdício e da geração de resíduos, como modulação, padronização e flexibilidade dos componentes;
- Analisar o ciclo de vida, a energia incorporada, a operação e a manutenção dos materiais, componentes e sistemas construtivos;
- Priorizar a utilização de materiais atóxicos e sem compostos orgânicos voláteis (COV), recicláveis ou reciclados;
- Considerar que as ligações de fábrica devem ser soldadas, enquanto as ligações executadas em campo devem ser parafusadas;
- Prever proteção catódica das estruturas enterradas, quando necessário;
- Especificar materiais de fácil execução, conservação e manutenção e que atendam aos parâmetros de desempenho, por exemplo:
 - Resistência mecânica;
 - Resistência a agentes naturais, químicos, físicos e biológicos;
 - Saúde, higiene e qualidade do ar;
 - Conforto térmico, acústico e luminoso;
 - Durabilidade;
 - Sustentabilidade;
 - Impacto ambiental.
- Definir revestimentos que apresentem resultados estéticos, tanto externa quanto internamente, compatíveis com os objetivos e a representatividade dos espaços urbanos e das edificações, priorizando soluções de materiais permeáveis nas áreas pavimentadas (vias, calçadas, sarjetas, estacionamentos, etc.);
- Especificar acabamentos e arremates que permitam acomodações para as diferenças de dilatação de materiais diferentes que não podem ser ligados diretamente;
- Observar as condições descritas na NBR 14762 em relação à flambagem distorcional (ilustrada na Figura 16.1) para a aplicação de aço no sistema construtivo do empreendimento, considerando-a no dimensionamento das barras, por exemplo:
 - Para barras isoladas (16.1.a, 16.1.b, 16.1.c, 16.1.d), pode-se utilizar a teoria da estabilidade elástica para o cálculo dos esforços críticos de flambagem elástica distorcional;
 - Para barras com painel conectado a mesa tracionada e a mesa comprimida livre (16.1.e), deve-se utilizar o procedimento descrito no Anexo F da norma;
 - Os perfis U simples (sem enrijecedores de borda) dispensam essa verificação, pois não são passíveis de flambagem distorcional, exceto em perfis submetidos à flexão com painel conectado à mesa tracionada e à mesa comprimida livre, onde a flambagem distorcional do conjunto alma-mesa comprimida pode corresponder ao modo crítico.

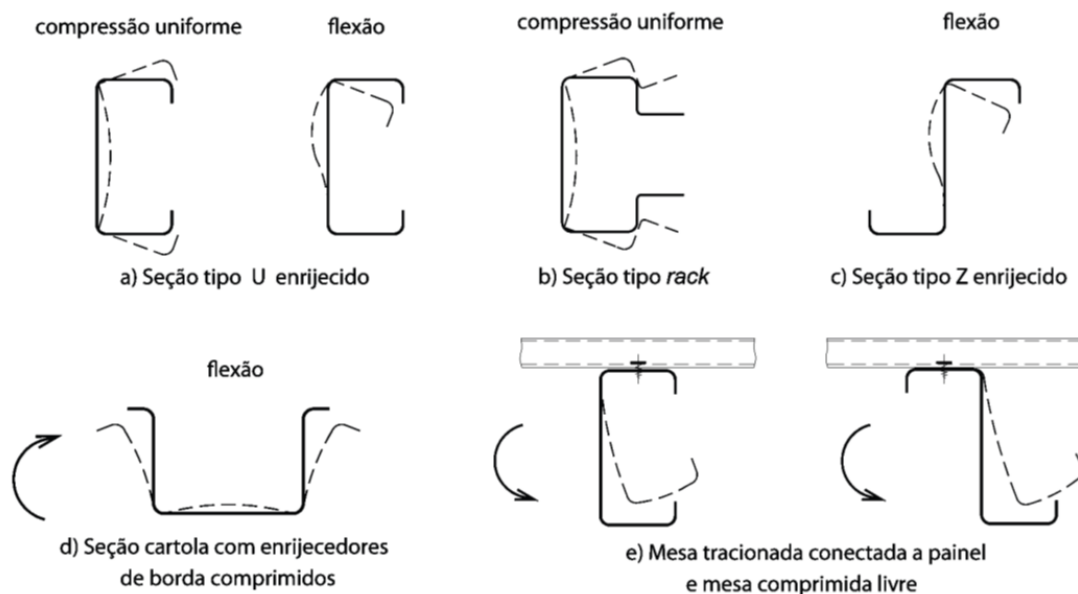


Figura 16.1 - Flambagens distorcionais da seção transversal. Fonte: ABNT, 2010.

16.3 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO

O projeto de estrutura de aço deve ser elaborado em três ETAPAS DE PROJETO sucessivas: Anteprojeto, Projeto Básico e Projeto Executivo. O desenvolvimento consecutivo destas etapas tem como ponto de partida o escopo contido no PINE e confirmado ou definido no Relatório de Conhecimento do Empreendimento e o Estudo Preliminar do empreendimento, que deve apresentar as características de todos os espaços necessários à realização das atividades previstas para o empreendimento.

Nos tópicos seguintes, estão listados os documentos técnicos específicos do projeto de estrutura de aço que devem ser apresentados em cada ETAPA DE PROJETO, com seus respectivos conteúdos, em complementação aos documentos gerais do projeto do empreendimento, como o Memorial Descritivo, a Planilha de Serviços e Quantitativos, o Plano de Execução da Obra, etc. Dependendo das especificidades do empreendimento, conforme avaliação do RESPONSÁVEL TÉCNICO e/ou da FISCALIZAÇÃO, podem ser necessárias informações e/ou representações além das listadas.

Os conteúdos dos documentos técnicos apresentados em 16.3.1, 16.3.2 e 16.3.3 foram estabelecidos conforme as seguintes definições da Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCEM), que tratam sobre o projeto de estruturas de aço:

Desenhos de Fabricação: Desenhos, geralmente preparados pelo Fabricante da estrutura, com detalhamento de cada peça da Estrutura, contendo todas as informações necessárias à sua produção na fábrica.

Desenhos de Montagem: Desenhos, geralmente preparados pelo Fabricante da estrutura, que identificam, mostram a locação, posicionamento e fixação de cada peça na Estrutura a ser montada.

Desenhos de Projeto: São desenhos preparados pelo Projetista que mostram a concepção da Estrutura, sua locação, níveis, eixos e filas, com a locação e todas as principais dimensões. Estes desenhos incluem: Plantas de Base, plantas de níveis, elevações, vistas laterais e frontais, seções, indicação e especificação de materiais, indicação de bitolas, tipos de ligação, detalhes típicos, peso estimado e notas explicativas. Estes desenhos geralmente fazem parte dos Documentos Contratuais (ABCEM, 2010, p. 8).

Os “Desenhos de Projeto” devem ser desenvolvidos pelo RESPONSÁVEL TÉCNICO nas ETAPAS DE PROJETO. A elaboração dos “Desenhos de Fabricação” e dos “Desenhos de Montagem” deve ser prevista no EDITAL da obra do empreendimento, para que possa ser desenvolvida pelo FABRICANTE durante a execução da obra.

Todos os desenhos técnicos do projeto de estrutura de aço devem conter, ou junto ao desenho ou no formato:

- Escala(s) utilizada(s);
- Unidade(s) de medida(s) adotada(s);
- Uma única referência de nível (RN) para todo o projeto em função do Levantamento Topográfico, podendo ser a cota real a partir das curvas de nível (por exemplo: +815,75) ou uma cota definida a partir das dimensões dos elementos construídos (por exemplo: +0,00);
- Legendas da representação diferenciada dos elementos do projeto, por exemplo:
 - Os elementos existentes, a serem ampliados e/ou reformados;
 - Os elementos a serem demolidos e/ou removidos, que devem ser representados com linha tracejada;
 - As edificações existentes, que devem ser representadas em plantas com o contorno em traço contínuo e com o interior com hachura em traço contínuo a 45° (quarenta e cinco graus);
 - As árvores a serem mantidas, suprimidas, transplantadas ou plantadas;
 - As áreas permeáveis e impermeáveis;
 - Os materiais de acabamento;
 - Os equipamentos da estrutura;
 - Os pilares que nascem, continuam e morrem;
 - A numeração dos elementos estruturais deve ser feita, em planta, de forma sequencial a partir do canto superior esquerdo do formato, da esquerda para a direita e de cima para baixo; os pilares que nascem em diferentes pavimentos devem ser numerados em sequência, considerando a projeção de todos os pavimentos.
- Abreviaturas, estabelecidas por Santos (1977), para tornar os desenhos mais claros e objetivos, bem como racionalizar o número de vistas e cortes a serem elaborados, por exemplo:
 - AL: Ambos os Lados;
 - AP: Aba em projeção;
 - CH: Chapa;
 - EA: Exceto anotado;
 - EL: Elevação;
 - G: Gabarito;
 - GAP: Gabarito da aba em projeção;
 - GLA: Gabarito do lado anterior;
 - GLP: Gabarito do lado posterior;
 - LA: Lado anterior;
 - LP: Lado posterior;
 - ☉: Linha de centro;
 - ☉@☉: Linha de centro a linha de centro;
 - LT: Linha de trabalho;
 - MF Mão francesa;
 - PE: Parafuso de embarque;
 - PP: Parafuso permanente;
 - PT: Ponto de trabalho;
 - PT@PT: Ponto de trabalho a ponto de trabalho;
 - R: Raio;
 - RE: Recorte de encaixe;
 - TC: Topo de concreto;
 - TCB: Topo de concreto bruto;
 - TCA: Topo de concreto acabado;
 - TV: Topo de viga;
 - U1E: Usinado em uma extremidade;
 - U2E: Usinado em duas extremidades;
 - Outras abreviaturas devem ser indicadas em legenda em todos os documentos técnicos do projeto.

16.3.1 Anteprojeto

O Anteprojeto de estrutura de aço deve conter os seguintes documentos técnicos específicos, com seus conteúdos e sua forma de apresentação:

- Planta(s) de base:
 - Indicar o Norte;
 - Indicar mapa chave do empreendimento;
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto;
 - Indicar as cargas nas fundações;
 - Indicar os eixos e filas da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre eixos e filas;
 - Indicar as cotas necessárias à locação da estrutura;
 - Indicar as cotas de nível;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar a projeção do perímetro da edificação ou estrado da passarela, ponte, viaduto, etc.;
 - Indicar e nomear os diversos edifícios ou blocos existentes, a construir e as áreas *non aedificandi*;
 - Caracterizar os elementos naturais e indicar as interferências das intervenções propostas com esses elementos: lençol freático superficial, espécies arbóreas protegidas por lei, maciços em situações de instabilidade e demais elementos significativos;
 - Caracterizar os elementos do projeto e existentes com os quais possa haver interferência: muros de divisa, muretas, cercas, guarda-corpos, peitoris, corrimãos, soleiras, equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas, de drenagem, como canaletas, caixas de passagem e de inspeção, poços de visita, padrões de entrada de energia e de água, redes enterradas e demais elementos significativos;
 - Indicar e cotar, quando aplicável, os limites externos do(s) terreno(s), do(s) CP(s) e da(s) edificação(ões): projeção da(s) cobertura(s), recuos e afastamentos, áreas permeáveis e impermeáveis;
 - Indicar e cotar os marcos topográficos e os níveis principais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar a marcação das elevações;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
- Plantas de níveis:
 - Indicar o Norte;
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto;
 - Indicar os eixos e filas da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre eixos e filas;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar as cotas dos níveis;
 - Indicar todos os elementos permanentes ou temporários essenciais à integridade da estrutura;
 - Indicar as possíveis interferências com os equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas e demais elementos significativos – centrais de refrigeração, torres de arrefecimento, *fan-coils*, elevadores, reservatórios e suas capacidades, hidrantes, extintores de incêndio, calhas e dutos de descida da água pluvial, quadros de distribuição elétrica, de telecomunicação, caixas de inspeção, etc., quando aplicável;
 - Indicar de forma esquemática a localização das ações decorrentes dos equipamentos mais importantes que serão suportados pela estrutura;
 - Indicar as informações necessárias para o posicionamento dos elementos e das peças;
 - Marcar e nomear a projeção de elementos significativos acima ou abaixo do plano de corte;
 - Indicar a marcação das elevações;
 - Indicar a marcação de cortes e seções;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

- Cortes, Elevações, Vistas e Perspectivas isométricas:
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar todos os elementos permanentes ou temporários essenciais à integridade da estrutura a ser construída;
 - Indicar as possíveis interferências com os equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas e demais elementos significativos – centrais de refrigeração, torres de arrefecimento, fan-coils, elevadores, reservatórios e suas capacidades, hidrantes, extintores de incêndio, quadros de distribuição elétrica, de telecomunicação, caixas de inspeção, etc., quando aplicável;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

16.3.2 Projeto Básico

O Projeto Básico de estrutura de aço deve apresentar os seguintes documentos técnicos específicos, com seus conteúdos e sua forma de apresentação:

- Planta(s) de base:
 - Indicar o Norte;
 - Indicar mapa chave do empreendimento;
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto;
 - Indicar as cargas nas fundações;
 - Indicar os eixos e filas da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre eixos e filas e amarrá-los a pelo menos dois pontos georreferenciados;
 - Indicar as cotas necessárias à locação da estrutura;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar as cotas de nível;
 - Indicar a projeção do perímetro da edificação ou estrado da passarela, ponte, viaduto, etc.;
 - Indicar e nomear os diversos edifícios ou blocos existentes, a construir e as áreas *non aedificandi*;
 - Caracterizar os elementos naturais e indicar as interferências das intervenções propostas com esses elementos: lençol freático superficial, espécies arbóreas protegidas por lei, maciços em situações de instabilidade e demais elementos significativos;
 - Caracterizar os elementos do projeto e existentes com os quais possa haver interferência: muros de divisa, muretas, cercas, guarda-corpos, peitoris, corrimãos, soleiras, equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas, de drenagem, como canaletas, caixas de passagem e de inspeção, poços de visita, padrões de entrada de energia e de água, redes enterradas e demais elementos significativos;
 - Indicar e cotar, quando aplicável, os limites externos do(s) terreno(s), do(s) CP(s) e da(s) edificação(ões): projeção da(s) cobertura(s), recuos e afastamentos, áreas permeáveis e impermeáveis;
 - Indicar e cotar os marcos topográficos e os níveis principais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar a marcação das elevações;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO;
 - Apresentar quadro-resumo dos pilares (mapa de cargas) com as seguintes informações: Nomes, Seções, Coordenadas de locação (X, Y), Carregamentos verticais (tf), Forças horizontais nas direções X e Y (tf) e os Momentos fletores nas direções X e Y (kgf.m), quando aplicável. Todos os esforços devem ser indicados com a combinação dos seus valores mínimos e máximos.
- Plantas de níveis:
 - Indicar o Norte;
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto: contraventamentos permanentes, enrijecedores de colunas, chapas duplas de reforço de almas de colunas, enrijecedores de apoio de vigas secundárias e principais, talas de reforço de almas, aberturas

- para uso de outros fornecedores, etc.;
- Indicar os eixos e filas da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre eixos e filas;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar as cotas dos níveis;
 - Indicar as possíveis interferências com os equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas e demais elementos significativos – centrais de refrigeração, torres de arrefecimento, *fan-coils*, elevadores, reservatórios e suas capacidades, hidrantes, extintores de incêndio, quadros de distribuição elétrica, de telecomunicação, caixas de inspeção, etc., quando aplicável;
 - Indicar de forma esquemática a localização das ações decorrentes dos equipamentos mais importantes que serão suportados pela estrutura;
 - Indicar as informações necessárias para o posicionamento dos elementos e das peças;
 - Marcar e nomear a projeção de elementos significativos acima ou abaixo do plano de corte;
 - Indicar a marcação das elevações;
 - Indicar a marcação de cortes e seções;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
- Cortes, Elevações, Vistas e Perspectivas isométricas:
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto: contraventamentos permanentes, enrijecedores de colunas, chapas duplas de reforço de almas de colunas, enrijecedores de apoio de vigas secundárias e principais, talas de reforço de almas, aberturas para uso de outros fornecedores, etc.;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar as cotas dos níveis;
 - Indicar os pontos de trabalho;
 - Indicar as possíveis interferências com os equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas e demais elementos significativos – centrais de refrigeração, torres de arrefecimento, *fan-coils*, elevadores, reservatórios e suas capacidades, hidrantes, extintores de incêndio, calhas e dutos de descida da água pluvial, quadros de distribuição elétrica, de telecomunicação, caixas de inspeção, etc., quando aplicável;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
 - Detalhes construtivos:
 - Caracterizar os elementos estruturais específicos (escadas, rampas, arquibancadas, fosso de elevadores e de plataformas elevatórias, reservatórios, bases dos pilares, etc.);
 - Representar as ligações com as fundações e as contenções, quando aplicável;
 - Representar os detalhes de aberturas para passagem dos componentes das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas e demais elementos significativos;
 - Indicar os pontos de ancoragem do SPIQ (Linhas de Vida) e suas capacidades para cada direção;
 - Indicar, quando o método construtivo for condicionante para a execução da estrutura, os pontos de içamento previstos e os pesos das peças da estrutura, além de outras informações que se demonstrarem relevantes;
 - Indicar as posições a serem ocupadas temporariamente por equipamentos principais ou auxiliares de montagem sobre a estrutura, posição de amarração de cabos ou espias, entre outros, conforme definido no Plano de Execução da Obra;
 - Representar as regiões onde há cruzamento das peças;
 - Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
 - Apresentar em escala mínima 1:15 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
 - Notas:
 - Classificação e tipo do aço;
 - Consumo de materiais (quadro de aço, etc.);
 - Tipos de acabamento (galvanização, pintura, etc.);
 - Necessidade de proteção ativa e passiva contra incêndio;
 - Procedimentos de execução;

- Procedimentos especiais (ensaios, soldas e inspeções, etc.), quando aplicável;
- Restrições em relação a ligações (tipos, detalhe, etc.), quando aplicável;
- Lista de materiais com o quantitativo dos componentes da estrutura metálica (perfis, chapas, parafusos, arruelas, porcas etc.).

16.3.3 Projeto Executivo

Os seguintes documentos técnicos específicos, com seus conteúdos e sua forma de apresentação compreendem o Projeto Executivo de estrutura de aço:

- Planta(s) de base:
 - Indicar o Norte;
 - Indicar mapa chave do empreendimento;
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto;
 - Indicar as cargas nas fundações;
 - Indicar os eixos e filas da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre eixos e filas e amarrá-los a pelo menos dois pontos georreferenciados;
 - Indicar as cotas necessárias à locação da estrutura;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar as cotas de nível;
 - Indicar a projeção do perímetro da edificação ou estrado da passarela, ponte, viaduto, etc.;
 - Indicar e nomear os diversos edifícios ou blocos existentes, a construir e as áreas *non aedificandi*;
 - Caracterizar os elementos naturais e indicar as interferências das intervenções propostas com esses elementos: lençol freático superficial, espécies arbóreas protegidas por lei, maciços em situações de instabilidade e demais elementos significativos;
 - Caracterizar os elementos do projeto e existentes com os quais possa haver interferência: muros de divisa, muretas, cercas, guarda-corpos, peitoris, corrimãos, soleiras, equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas, de drenagem, como canaletas, caixas de passagem e de inspeção, poços de visita, padrões de entrada de energia e de água, redes enterradas e demais elementos significativos;
 - Indicar e cotar, quando aplicável, os limites externos do(s) terreno(s), do(s) CP(s) e da(s) edificação(ões): projeção da(s) cobertura(s), recuos e afastamentos, áreas permeáveis e impermeáveis;
 - Indicar e cotar os marcos topográficos e os níveis principais;
 - Indicar as marcações dos cortes na estrutura;
 - Indicar a marcação das elevações;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO;
 - Apresentar quadro-resumo dos pilares (mapa de cargas) com as seguintes informações: Nomes, Seções, Coordenadas de locação (X, Y), Carregamentos verticais (tf), Forças horizontais nas direções X e Y (tf) e os Momentos fletores nas direções X e Y (kgf.m), quando aplicável. Todos os esforços devem ser indicados com a combinação dos seus valores mínimos e máximos.
- Plantas de níveis:
 - Indicar o Norte;
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto: contraventamentos permanentes, enrijecedores de colunas, chapas duplas de reforço de almas de colunas, enrijecedores de apoio de vigas secundárias e principais, talas de reforço de almas, aberturas para uso de outros fornecedores, etc.;
 - Indicar os eixos e filas da(s) estrutura(s), as cotas e os ângulos formados entre eixos e filas;
 - Indicar as cotas dos níveis;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar as possíveis interferências com os equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas e demais elementos significativos – centrais de refrigeração, torres de arrefecimento, *fan-coils*, elevadores, reservatórios e suas capacidades, hidrantes, extintores de incêndio, calhas e dutos de descida da água pluvial, quadros de distribuição elétrica, de telecomunicação, caixas de inspeção, etc., quando aplicável;

- Indicar as posições a serem ocupadas temporariamente por equipamentos principais ou auxiliares de montagem sobre a estrutura, posição de amarração de cabos ou espias, etc.;
 - Indicar de forma esquemática a localização das ações decorrentes dos equipamentos mais importantes que serão suportados pela estrutura;
 - Indicar as informações necessárias para o posicionamento dos elementos e das peças;
 - Marcar e nomear a projeção de elementos significativos acima ou abaixo do plano de corte;
 - Indicar a marcação das elevações;
 - Indicar a marcação de cortes e seções;
 - Indicar, no mínimo, os cortes longitudinais e transversais preferencialmente nas mesmas posições dos cortes do projeto de arquitetura;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
- Cortes, Elevações, Vistas e Perspectivas isométricas:
 - Caracterizar e identificar todas as peças estruturais do projeto: contraventamentos permanentes, enrijecedores de colunas, chapas duplas de reforço de almas de colunas, enrijecedores de apoio de vigas secundárias e principais, talas de reforço de almas, aberturas para uso de outros fornecedores, etc.;
 - Indicar as cotas de todas as dimensões necessárias à execução da estrutura;
 - Indicar as cotas dos níveis;
 - Indicar os pontos de trabalho;
 - Indicar as possíveis interferências com os equipamentos das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas e demais elementos significativos – centrais de refrigeração, torres de arrefecimento, fan-coils, elevadores, reservatórios e suas capacidades, hidrantes, extintores de incêndio, calhas e dutos de descida da água pluvial, quadros de distribuição elétrica, de telecomunicação, caixas de inspeção, etc., quando aplicável;
 - Indicar os detalhes e representá-los, em escalas ampliadas, quando necessário;
 - Apresentar em escala mínima 1:50 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.
 - Detalhes construtivos:
 - Caracterizar os elementos estruturais específicos (escadas, rampas, arquibancadas, fosso de elevadores e de plataformas elevatórias, reservatórios, bases dos pilares, etc.);
 - Representar as ligações com as fundações e as contenções, quando aplicável;
 - Representar os detalhes de aberturas para passagem dos componentes das instalações elétricas e eletrônicas, hidrossanitárias, mecânicas e demais elementos significativos, quando houver;
 - Indicar os pontos de ancoragem do SPIQ (Linhas de Vida) e suas capacidades para cada direção;
 - Indicar, quando o método construtivo for condicionante para a execução da estrutura, os pontos de içamento previstos e os pesos das peças da estrutura, além de outras informações que se demonstrarem relevantes;
 - Indicar as posições a serem ocupadas temporariamente por equipamentos principais ou auxiliares de montagem sobre a estrutura, posição de amarração de cabos ou espias, entre outros, conforme definido no Plano de Execução da Obra;
 - Representar as regiões onde há cruzamento das peças;
 - Representar o raio de dobra das peças, quando aplicável;
 - Representar as ligações principais e secundárias. No caso de ligações parafusadas, indicar o diâmetro de todos os furos, parafusos, o emprego de porcas e arruelas, o espaçamento entre parafusos, e entre os parafusos de extremidade e as bordas dos perfis e/ou chapas, o tipo de aperto dos parafusos, dentre outras informações que também se fizerem necessárias. No caso de ligações soldadas, indicá-las conforme a simbologia de ligações soldadas da AWS A2.4, inclusive diferenciando as executadas em campo das executadas na fábrica;
 - Representar os dispositivos necessários para garantir a estanqueidade na interface entre a estrutura e a alvenaria de vedação, quando aplicável;
 - Representar os conectores de cisalhamento, quando aplicável;
 - Representar escoras, estais e demais elementos necessários para estabilização das peças durante a montagem, onde aplicável;
 - Representar os elementos do projeto em Plantas, Cortes e Elevações;
 - Apresentar em escala mínima 1:15 ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

- Notas:
 - Classificação e tipo do aço;
 - Consumo de materiais (quadro de aço, etc.);
 - Tipos de acabamento (galvanização, pintura, etc.);
 - Necessidade de proteção ativa e passiva contra incêndio;
 - Procedimentos de execução;
 - Sequência de execução de ligações importantes, para evitar o aparecimento de empenos ou tensões residuais excessivas;
 - Procedimento de execução e os materiais a serem usados no caso de serviços de recuperação e/ou reforço de peças estruturais;
 - Procedimentos especiais (ensaios, soldas e inspeções, etc.), quando aplicável;
 - Restrições em relação a ligações (tipos, detalhe, etc.), quando aplicável;
 - Lista de materiais com o quantitativo dos componentes da estrutura metálica (perfis, chapas, parafusos, arruelas, porcas etc.).
- Memória de cálculo:
 - Descrição da estrutura;
 - Premissas;
 - Documentos de referência;
 - Códigos e normas;
 - Materiais;
 - Softwares utilizados;
 - Carregamentos (carga permanente (cp), sobrecarga (sc), vento, temperatura, equipamentos, excepcionais);
 - Modelo: geometria e sistema estrutural (modelo estrutural, esquema estático dos eixos e filas, tabelas de entrada de dados no programa);
 - Descrição do arranjo global tridimensional da estrutura;
 - Verificação dos deslocamentos máximos;
 - Verificação dos elementos estruturais quanto à resistência;
 - Quadro de cargas, incluindo esforços cortantes, momentos, cargas axiais e forças de transferência que devem ser resistidas pelas barras e por suas ligações para permitir ao Fabricante especificar ou complementar os detalhes das ligações. Informar se os dados indicados estão fornecidos como cargas de serviço ou como cargas fatoradas.

16.4 NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES

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

CBMMG IT 06 – Segurança estrutural das edificações.

CBMMG IT 09 – Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco.

NBR 5674 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.

NBR 6120 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações.

NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações.

NBR 7808 – Símbolos gráficos para projetos de estruturas.

NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.

NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

NBR 9077 – Projeto de saídas de emergência.

NBR 12722 – Discriminação de serviços para construção de edifícios.

NBR 14323 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio.

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

NBR 14611 – Desenho técnico – Representação simplificada em estruturas metálicas.

NBR 14762 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações.

NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho.

NBR 16752 – Desenho técnico – Requisitos para apresentação em folhas de desenho.

NBR 16775 – Estruturas de aço, estruturas mistas de aço e concreto, coberturas e fechamentos de aço – Gestão dos processos de projeto, fabricação e montagem – Requisitos.

NBR 16861 – Desenho técnico – Requisitos para representação de linhas e escrita.

NBR 16945 – Classificação da resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações.

NBR 17006 – Desenho técnico – Requisitos para representação dos métodos de projeção.

NBR 17067 – Desenho técnico – Requisitos para as especificidades das representações ortográficas.

NBR 17068 – Desenho técnico – Requisitos para representação de dimensões e tolerâncias.

PROC-IBR-EDIF 035/2015 – Análise das especificações, quantidades e preços da estrutura metálica.

PROC-IBR-EDIF 046/2015 – Análise de projeto de estrutura metálica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA – ABCEM. **Execução de Estruturas de Aço:** Práticas recomendadas. 2010. Disponível em:
https://www.abcem.org.br/lib/php/_download.php?now=0&arq=produtos/prod_20170523101618_100528_ex_ecucao_de_estruturas_de_aco.pdf. Acesso em: 04 jul. 2023.

REBELLO, Y. C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate Editora, 2000.

SANTOS, A. F. **Estruturas Metálicas**: Projeto e detalhes para fabricação. São Paulo: McGraw-Hill, 1977.