



MANUAL DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

Conceitos e Etapas
Volume 1: Estrutura e Vedação



Agência Brasileira de
Desenvolvimento Industrial

MANUAL DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

Conceitos e Etapas

Volume 1: Estrutura e Vedação

© 2015 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI
Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que seja citada a fonte.

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

Supervisão

Maria Luisa Campos Machado Leal
Diretora de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

Equipe Técnica

Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

Cynthia Araújo Nascimento Mattos
Coordenadora de Promoção da Inovação

Claudionel de Campos Leite
Especialista em Projetos

Willian Cecilio de Souza
Assistente de Projetos

Coordenação de Comunicação

Bruna de Castro
Coordenadora de Comunicação

Projeto Gráfico e Assistência Editorial

Tikinet Comunicação

Equipe de Pesquisadores

Raquel Naves Blumenschein
Coordenadora

Rosa Maria Sposto
Pesquisadora

Paulo Peixoto
Pesquisador

Felipe Nascimento
Pesquisador

Vamberto Machado
Pesquisador

ABDI

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

Setor Comercial Norte, Quadra 01, Bloco D, 2º andar

- Edifício Vega Luxury Design Offices – Asa Norte

Tel.: (61)3962-8700

www.abdi.com.br

República Federativa do Brasil

Dilma Rousseff

Presidenta

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Armando Monteiro

Ministro

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

Alessandro Golombiewski Teixeira

Presidente

Maria Luisa Campos Machado Leal

Diretora de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

Miguel Antônio Cedraz Nery

Diretor de Desenvolvimento Produtivo

Charles Capella de Abreu

Chefe de Gabinete

Carla Maria Naves Ferreira

Gerente de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

Cynthia Araújo Nascimento Mattos

Coordenadora de Promoção da Inovação

AGRADECIMENTOS

Temos a satisfação de disponibilizar para a sociedade brasileira o “Manual da Construção Industrializada – Conceitos e Etapas – Volume 1: estrutura e vedação”. Este trabalho não teria obtido êxito se não fosse o empenho e a dedicação do Grupo de Trabalho da Construção Industrializada, instituído no final de 2013. Há que se destacar que, desde o início dos trabalhos do Grupo, todas as tarefas e as responsabilidades foram divididas, num compromisso conjunto pela realização deste Manual. O grupo estabeleceu um debate permanente sobre a industrialização da Construção no Brasil, por meio da identificação de ações conjuntas entre Governo e setor privado visando elevar a produtividade do setor.

O Manual da Construção Industrializada é uma importante fonte de consulta de informações sobre as práticas de planejar, projetar, contratar, fiscalizar e aceitar obras públicas ou privadas, com aplicação de componentes, elementos e sistemas construtivos industrializados.

APRESENTAÇÃO

A construção civil tem relevante papel no processo de crescimento do país. O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o de Investimento em Logística (PIL), assim como obras do Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), têm estimulado a cadeia produtiva da indústria da construção civil, pela geração de empregos e renda para milhares de trabalhadores, além de ganhos significativos em escala para o comércio e a indústria nacional.

Neste cenário, o aumento da produtividade da construção civil tem sido a tônica das discussões nos fóruns público-privados. Nos últimos anos, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) têm trabalhado como parceiros estratégicos da indústria da construção para identificar ações que possam contribuir com a inovação, a modernização e o aumento da competitividade desta indústria.

Sabemos que o Brasil já avançou bastante na área, mas ainda há um caminho a percorrer, especialmente no que se refere às falhas verificadas em obras, que decorrem do uso de métodos e processos convencionais, por vezes inadequados, de projetos, construção, fiscalização e aceitação.

Hoje, o grande desafio para os agentes públicos e privados da construção civil é a mudança de cenário na construção industrializada. É fundamental que o setor inove para deter o domínio de produção, empregando os princípios do processo de industrialização de forma estruturada, com gestão planejada de produção e com planejamento do fluxo de produção. Sabemos também que a industrialização na construção é um processo evolutivo, com incorporação de inovação tecnológica e de gestão, com as ações organizacionais que buscam o aumento de produção e o aprimoramento do desempenho da atividade construtiva.

O *Manual da Construção Industrializada – Conceitos e Etapas – vol. 1: Estrutura e Vedação* tem como objetivo disseminar o uso de sistemas industrializados na construção civil brasileira. O material é fruto de um esforço coletivo desenvolvido por um grupo de trabalho formado por entidades do setor público e privado e coordenado pela ABDI.

O *Manual* traz um conjunto de informações para orientar as práticas de planejamento, projetos, contratação, fiscalização e aceitação em obras públicas ou privadas, com aplicação de componentes, elementos e sistemas construtivos industrializados.

As informações contidas no *Manual* foram levantadas por meio de pesquisa bibliográfica e coleta de dados junto a representantes dos

setores de diversas tecnologias associadas a sistemas construtivos industrializados no Brasil, participantes do Grupo de Trabalho da Construção Industrializada.

O *Manual* pode ser aplicado a qualquer processo de contratação de sistemas industrializados. É uma publicação técnica, prática e de fácil leitura, consistindo em um conjunto de informações norteadoras que auxiliam na contratação de sistemas industrializados, por meio de diretrizes, algumas delas apresentadas em forma de quadros e *checklists*, que podem ser preenchidos pelos responsáveis pela contratação, gerando subsídios para a seleção dos melhores sistemas.

O material foi desenvolvido para técnicos, arquitetos e engenheiros e para as instituições públicas e privadas que especificam e contratam componentes, elementos e sistemas construtivos industrializados para edificações e obras de infraestrutura. Esta primeira edição aborda os conceitos e as etapas envolvidas na construção industrializada, com atenção especial para planejamento e contratação. Cobre ainda a caracterização e a descrição dos sistemas construtivos industrializados, com foco nos elementos e sistemas de estrutura e vedação.

No segundo semestre do ano que vem, lançaremos os volumes 2 e 3 do *Manual*, que vão trazer outros segmentos, elementos e sistemas aplicados na construção industrializada. As próximas edições abordarão as etapas de montagem e aceitação, sistemas racionalizados, elementos de instalação e revestimento, componentes volumétricos (quartos e banheiros prontos etc.) e desempenho ambiental dos sistemas construtivos industrializados.

Acreditamos que este trabalho é uma importante contribuição da ABDI para o setor alcançar melhores resultados. Certamente, o aumento no uso dos sistemas construtivos industrializados contribuirá para a melhoria da produtividade do uso dos recursos do trabalho e do capital.

Boa leitura e boa prática!

Alessandro Golombiewski Teixeira
**Presidente da Agência Brasileira de Desenvolvimento
Industrial – ABDI**

SUMÁRIO

Siglas	17
Lista de Quadros	19
Lista de Figuras	21

PARTE 1

1. Conceitos	31
1.1 Industrialização e pré-fabricação:	35
1.2 Industrialização da construção: ciclo fechado e ciclo aberto	36
1.3 Racionalização e coordenação modular (CM)	37

PARTE 2

1. Processo construtivo industrializado	41
1.1 Etapas e arranjos produtivos do processo construtivo industrializado	41
1.2 Tipos de sistemas construtivos	43
2. Planejamento preliminar	45
2.1 Documentação necessária	46
2.1.1 Informações do componente, elemento ou sistema construtivo	47
2.1.1.1 <i>Informações Gerais</i>	47
2.1.1.2 <i>Análise preliminar dos aspectos técnico-econômicos dos componentes, elementos ou sistema construtivo</i>	49
2.1.1.3 <i>Análise preliminar dos aspectos de desempenho ambiental dos componentes, elementos ou sistema</i>	49
2.1.2 Comprovação de desempenho dos componentes, elementos e sistemas	50
2.1.2.1 <i>Análise do desempenho técnico dos componentes e elementos</i>	50
2.1.2.2 <i>Desempenho em uso de sistemas construtivos para edificações habitacionais</i>	52
2.1.3 Garantia e prazo de garantia	54
2.1.3.1 <i>Garantias</i>	54
2.1.3.2 <i>Prazo de garantia</i>	54
2.1.4 Responsabilidade técnica	55
2.1.5 Manutenção preventiva	55
2.1.6 Monitoramento	57
2.1.7 Avaliação técnica em uso	57
2.2 Fluxo de caixa para a produção de edificações	58
2.3 Agregação de valor	61

2.3.1	Âmbito técnico	61
2.3.2	Âmbito econômico	62
2.3.3	Âmbito de produtividade e de sustentabilidade	63
3.	Contratação	63
3.1	Processo de contratação	65
3.1.1	Concepção e viabilidade	65
3.1.2	Seleção do projetista, fornecedor e montador	66
3.1.3	O contrato	66
3.1.3.1	<i>Escopo</i>	67
3.1.3.2	<i>Cronograma de fabricação e execução</i>	67
3.1.3.3	<i>Preço e formas de pagamento</i>	67
3.1.3.4	<i>Requisitos de qualidade</i>	68
3.1.3.5	<i>Referência à forma de fiscalização e recebimento</i>	68
3.1.4	Definição das responsabilidades na contratação de sistemas industrializados	68
3.1.4.1	<i>Do contratante</i>	68
3.1.4.2	<i>Da contratada</i>	69
3.2	Legislação e regulamentação de licitações e práticas de mercado para sistemas industrializados	69
3.2.1	Modalidade de licitação x Natureza do objeto	70
3.2.2	Contratação direta (dispensa e inexigibilidade de licitação)	71
3.3	Modelos de contratação para sistemas construtivos de edificações	72
3.3.1	Preço global	72
3.3.2	Preço unitário	72
3.4	Termos de referência (para obras públicas)	72
3.5	Das medições e pagamentos	73
3.6	Fase interna da licitação	74
3.7	Ajustes nos processos (legislação/regulamentação)	76
3.7.1	Cronograma	77
3.7.2	Formas de Pagamento	77
3.7.3	Detalhes projetuais	77
3.7.4	Adequação de mão de obra	77
4.	Planejamento executivo do processo de produção de obras com um sistema industrializado	80
4.1	Projeto	80
4.2	Viabilidade	83
4.2.1	Planejamento físico	84
4.2.2	Planejamento financeiro – orçamento analítico	84
4.2.3	Planejamento logístico	84
4.3	Execução	85
4.3.1	Mecanização do canteiro	85
4.4	Uso e manutenção	86

5. Fabricação	86
5.1 Introdução ao controle de qualidade	86
5.2 Controle de qualidade na produção e na recepção	87
5.3 Sistema de gestão da qualidade na contratada	88
5.4 Controle de qualidade na produção dos componentes e elementos na fábrica	88
5.4.1 Nos materiais	89
5.4.2 Na fabricação do componente ou elemento	91
5.5 Obrigatoriedade de cumprimento de prazos e medição na fábrica	93
6. Montagem	95
6.1 Método de montagem	98
6.2 Condições do canteiro	99
6.3 Proteção contra acidentes	99
6.4 Interfaces e alterações nos sistemas	100
6.5 Manuseio e armazenagem	101
7. Monitoramento da obra para sistemas construtivos	101
7.1 Durante a fabricação/execução	102
7.2 Após a montagem e conclusão da obra	102
7.3 Plano de monitoramento	103
7.4 Aceite da obra	103
8. Sistemas construtivos industrializados	104
8.1 Sistemas construtivos industrializados em aço	104
8.1.1 Características da construção em aço	107
8.1.1.1 <i>Ligações</i>	109
8.1.1.2 <i>Vedações</i>	111
8.1.2 Construção em aço e seus produtos – tipologias	113
8.1.2.1 <i>Aços estruturais</i>	113
8.1.2.2 <i>Chapas – grossas e finas: a quente e revestidas</i>	114
8.1.2.3 <i>Perfis – soldados, laminados, formados a frio e tubos sem costura e com costura</i>	115
8.1.2.4 <i>Tubos</i>	117
8.1.2.5 <i>Parafusos</i>	117
8.1.2.6 <i>Telhas de aço para coberturas e fechamentos</i>	118
8.1.2.7 <i>Steel-deck</i>	120
8.1.2.8 <i>Estacas metálicas</i>	120
8.1.3 Estruturas mistas	121
8.1.4 Tratamento contra a corrosão	123
8.1.4.1 <i>Galvanização × pintura</i>	124
8.1.5 Resistência ao fogo	125

8.1.6	Execução e montagem das estruturas de aço	127
8.1.6.1	<i>Transporte eficiente</i>	128
8.1.6.2	<i>Operação segura</i>	129
8.1.7	Normas Técnicas do aço	129
8.2	Sistema construtivo em <i>light steel framing</i>	130
8.2.1	Principais componentes do sistema <i>light steel framing</i>	132
8.2.1.1	<i>Perfis de aço</i>	132
8.2.1.2	<i>Vedações externas e internas</i>	132
8.2.1.3	<i>Isolantes termo acústicos</i>	135
8.2.1.4	<i>Barreira impermeável</i>	135
8.2.1.5	<i>Impermeabilizantes</i>	136
8.2.1.6	<i>Subcoberturas</i>	136
8.2.1.7	<i>Telhas</i>	136
8.2.2	Vantagens e benefícios do sistema <i>light steel framing</i>	136
8.2.3	Métodos de construção e montagem do sistema <i>light steel framing</i>	137
8.2.4	Etapas da construção LSF no processo mais utilizado (método de painéis)	139
8.2.4.1	<i>Fundação</i>	139
8.2.4.2	<i>Fixação dos painéis à fundação</i>	140
8.2.4.3	<i>Painéis</i>	140
8.2.4.4	<i>Isolamento térmico e acústico</i>	141
8.2.4.5	<i>Lajes</i>	141
8.2.4.5	<i>Cobertura</i>	142
8.2.5	Principais documentos a serem referenciados no steel framing	143
8.3	Sistemas construtivos industrializados em drywall	144
8.3.1	Utilização do sistema drywall	145
8.3.2	Materiais componentes do sistema drywall	145
8.3.2.1	Perfis de aço	145
8.3.2.2	<i>Chapas de gesso</i>	146
8.3.2.3	<i>Parafusos</i>	147
8.3.2.4	<i>Tratamento de juntas</i>	147
8.3.2.5	<i>Lã de vidro</i>	147
8.3.3	PSQ do drywall	148
8.3.4	Sistema de paredes	148
8.3.5	Sistema de forros	151
8.3.5.1	<i>Forro estruturado</i>	151
8.3.5.2	<i>Forro aramado ou forro de H</i>	152
8.3.6	Sistema de revestimentos	152
8.3.6.1	<i>Revestimento estruturado</i>	152
8.3.6.2	<i>Revestimento colado</i>	153
8.3.7	Itens para contratação	153
8.3.8	Normas ABNT NBR do drywall	154

8.4	Sistemas construtivos industrializados em concreto	154
8.4.1	Sistemas estruturais e tipologias	156
8.4.1.1	<i>Sistemas aperticados</i>	157
8.4.1.2	<i>Sistema esqueleto</i>	157
8.4.1.3	<i>Painéis portantes</i>	162
8.4.1.4	<i>Sistemas estruturais para pisos</i>	164
8.4.2	Tipologias das faces inferiores dos elementos de laje	165
8.4.3	Fachadas de concreto pré-fabricado	165
8.4.4	Fundações com elementos pré-fabricados	167
8.4.5	Sistemas celulares	168
8.4.6	Sistemas de cobertura	168
8.4.7	Projeto	169
8.4.8	Montagem	172
8.4.9	Normalização e processos de certificação	173
8.4.10	Outros exemplos de estruturas pré-fabricadas	174
8.5	Sistema construtivo industrializado em wood frame	176
8.5.1	Descrição do sistema	179
8.5.2	Tipologias construtivas	184
8.5.3	Normalização	187
9.	Exemplo de sistema racionalizado	187
9.1	Histórico	189
9.2	Tipologias	190
9.3	Resumo do sistema construtivo de painéis pré-moldados compostos por blocos cerâmicos e concreto armado	193
10.	Bibliografia	195
10.1	Normas Técnicas	201
10.2	Leis	205
10.3	Sites	206

SIGLAS

A	Aprovado
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABECE	Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
ABCEM	Associação Brasileira da Construção Metálica
ABCIC	Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAT	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	Building Information Modeling
BNH	Banco Nacional de Habitação
CAIXA	Caixa Econômica Federal
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDHU	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
CFA	Conselho Federal de Administração
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DAP	Declaração Ambiental do Produto
DATEC	Documento de Avaliação Técnica (SiNAT)
DECONCIC	Departamento da Indústria da Construção Fiesp
DOU	Diário Oficial da União
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FIB	Fédération Internationale du Béton (International Federation of Concrete Structures)
GT	Grupo de Trabalho
IBRACON	Instituto Brasileiro do Concreto
IFBQ	Instituto Falcão Bauer da Qualidade
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISS	Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza
ITA	Instituição Técnica Avaliadora (SiNAT)
LSF	Light Steel Framing
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MMC	Métodos Modernos de Construção

MPa	Mega Pascal
NA	Não se aplica
OSB	Oriented Strand Board
PBAC	Programa Brasileiro de Avaliação da Conformidade (Inmetro)
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (MCidades)
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PROARQ	Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - UFRJ
PROCON	Proteção ao Consumidor
PSQ	Programa Setorial de Qualidade (MCidades)
PT	Plano de Trabalho
R	Reprovado
RG	Registro Geral
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
SBAC	Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (Inmetro)
SIMAC	Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (PBQP-H)
SINAT	Sistema Nacional de Avaliação Técnica (PBQP-H)
SINMETRO	Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro)
SRP	Sistema de Registro de Preços
TR	Termo de Referência
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UK	United Kingdom
VUP	Vida Útil de Projeto

INTRODUÇÃO

A construção brasileira, quando comparada aos EUA e à Europa, apresenta um cenário que se caracteriza pela necessidade de um aumento de produtividade, desenvolvimento de inovações, busca de racionalização, padronização e aumento de escala, com sustentabilidade (FILHA et al./BNDES, 2009).

A construção executada com processo convencional, ainda largamente utilizada no Brasil¹, frequentemente é marcada por processos com altos custos, baixo nível de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdícios, baixa qualidade e incidências de manifestações patológicas e baixo desempenho ambiental.

Como apontado em estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2012), o setor precisa elevar a sua produtividade, face à escassez de mão de obra e demanda crescente para construções habitacionais e de infraestrutura. Conseqüentemente, a indústria da construção no Brasil tem grande potencial para a industrialização, que permite melhores soluções de custos versus benefícios, reduzindo o ciclo da construção e seus custos, melhorando a qualidade e potencializando o controle de desempenho ambiental.

Dessa forma, faz-se necessário fortalecer o uso de sistemas construtivos industrializados, que têm como características inerentes maior planejamento e estudos de viabilidade técnico-econômica e de logística mais precisos, além de melhores condições de trabalho e melhor desempenho ambiental.

Segundo o Grupo de Trabalho de Construção Industrializada, do Departamento da Indústria da Construção da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (GT Construção Industrializada do DECONCIC/FIESP), a adoção de soluções industrializadas possibilita a obtenção de economias de escala na produção, contribuindo para a redução de custos produtivos e o aumento da produtividade. Há evidências indicando uma relação consistente entre industrialização, aumento da produtividade e crescimento econômico.

Com o estímulo à racionalização e à industrialização, pesquisas relacionadas à criação de novos sistemas construtivos surgiram no Brasil a partir de 1980. Rosso (1980) publicou um dos primeiros trabalhos que tinham como tema a racionalização da construção com base no desempenho das edificações.

Em 1980, o tema se consolidou no país, principalmente devido ao trabalho desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado

¹ Os sistemas construtivos no Brasil são, na sua maior parte, caracterizados pelo uso de métodos ou processos convencionais, derivados de culturas como a do Brasil colônia, como a taipa, e modificados com o advento do concreto armado no Brasil, onde passou a ser utilizado o sistema independente de estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação de tijolos e blocos cerâmicos ou de concreto com o uso abundante de mão de obra.

de São Paulo (IPT), que realizou pesquisas para a elaboração de critérios voltados à avaliação dessas soluções inovadoras para o Banco Nacional da Habitação (BNH). Diversos elementos e sistemas construtivos surgiram nessa época, como alvenaria estrutural de bloco de concreto, painéis de argamassa armada e painéis cerâmicos, sendo que alguns deles podem ter a função tanto de vedação vertical como horizontal.

A maior parte desses elementos e sistemas construtivos têm em comum algumas características que permitem classificá-los como racionalizados, ou seja, não são fabricados por uma indústria e montados no canteiro²; mas, sim, executados em canteiros, de forma racionalizada, ou seja, por meio da moldagem de painéis ou mesmo da elevação de alvenarias moduladas, como é o caso da alvenaria estrutural.

Com foco na racionalização e na inovação, atualmente há sistemas que possuem Documentos de Avaliação Técnica (DATecs) elaborados de acordo com as diretrizes do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (SiNAT/PBQP-h). Entre esses sistemas, podem ser citados: sistema leve de madeira, sistema de painéis de PVC preenchidos com concreto, painel pré-moldado maciço de concreto armado e painéis mistos de blocos cerâmicos e de concreto, entre outros. Como mera exemplificação, no item 11 são apresentadas imagens que caracterizam o sistema construtivo racionalizado de painéis cerâmicos.

Em relação aos sistemas industrializados, podem ser considerados dois tipos: o primeiro, constituído por sistemas leves para vedações (com pesos não superiores a 60 kgf/m²), destinados à compartimentação interna, e o segundo, os sistemas destinados às estruturas e aos fechamentos com função estrutural ou de vedação.

O primeiro tipo, referente aos sistemas leves, surgiram a partir de 1970, no Brasil, principalmente a partir da tecnologia denominada por *drywall*, que teve maior impulso a partir de 1990 para uso em vedações verticais, que consiste em perfis e guias de aço galvanizado com fechamento de chapas de gesso acartonado. Hoje o *drywall* já tem normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), possuindo larga aplicação em edificações de escritório e de infraestrutura (fechamento de espaços internos), além do uso em divisórias internas de edificações habitacionais.

O segundo tipo de sistemas construtivos industrializados ou pré-fabricados, são, em sua maioria, de concreto armado e de concreto

² No item 2 é apresentado o conceito de pré-moldado.

protendido, com função estrutural e/ou vedação, e surgiram após a instalação da indústria de cimento no Brasil, bem como a criação de normas de concreto, e a sua aplicação predominante foi em estruturas; entre esses elementos também se destaca o aço. Esses elementos estruturais podem ser hoje considerados os que mais se desenvolveram em relação ao grau de industrialização.

Essas estruturas foram utilizadas, no início, para edificações industriais, mas atualmente já possuem larga utilização em infraestrutura de aeroportos e edifícios de múltiplos pavimentos. Como exemplos desses sistemas tem-se os pilares com console, vigas, lajes e painéis projetados para trabalhar em conjunto, além de possibilitar o uso com outros sistemas construtivos, incluindo os convencionais. Especialmente o uso de concreto protendido, intensificado no final da década de 1950, foi responsável pelo desenvolvimento da indústria de estruturas pré-fabricadas no país.

O aço também teve um desenvolvimento expressivo no Brasil, inicialmente em estruturas de edifícios de múltiplos pavimentos e, mais recentemente, seu uso é cada vez maior em estruturas de postos de combustíveis, agências bancárias, agências de automóveis, entre outros. Elementos como coberturas termo acústicas, que são compostas por aço e isolantes térmicos, são cada vez mais utilizados em indústrias e em menor grau, em habitações.

É importante observar que também os sistemas híbridos, compostos de concreto armado ou protendido e aço, têm sido cada vez mais utilizados em obras de grande porte, como edificações de múltiplos pavimentos, aeroportos, estádios e outros.

Neste Manual são apresentados exemplos de sistemas construtivos industrializados de concreto armado e de concreto protendido, de aço, de *light steel framing*, de *light wood frame* e de *drywall*. Além desses sistemas industrializados, também é apresentado um exemplo de um sistema racionalizado, ilustrado por painéis cerâmicos. Esses sistemas são apenas exemplos, os sistemas aprovados no SiNAT que possuem Documento de Avaliação Técnica (DATec) também podem ser considerados, como o sistema leve de madeira, o sistema de painéis de PVC preenchidos com concreto, o painel pré-moldado maciço de concreto armado, entre outros.

Importa destacar que, face à complexidade e abrangência do tema, foi definido pelo GT o desenvolvimento do Manual em etapas progressivas, sendo que esta primeira edição aborda conceitos, fases (com foco

no planejamento e contratação) e sistemas construtivos industrializados para estrutura e vedação.

Não se pretende esgotar o tema da construção industrializada com este Manual, mas oferecer orientações para o processo de contratação de sistemas construtivos industrializados pelo setor privado e público. O que se espera com esta publicação é consolidar e sistematizar informações essenciais para a disseminação do tema, de modo que a industrialização seja vista como um vetor de alinhamento da cadeia produtiva da indústria da construção”.

Este Manual está estruturado em duas partes:

- Parte 1 – Conceitos: apresenta conceitos básicos para melhor uso do Manual, incluindo: industrialização da construção – ciclo aberto e fechados; racionalização e coordenação modular em sistemas construtivos industrializados; industrialização, pré-fabricação e pré-moldagem; industrialização e pré-fabricação: benefícios e dificuldades para o seu desenvolvimento; métodos modernos de construção (MMC).

- Parte 2 – Contratando sistemas construtivos industrializados: tendo como base o conceito de construção industrializada, define-se o fio condutor da estrutura dessa parte do Manual que de maneira prática visa nortear o processo decisório na contratação de sistemas construtivos. Inclui ainda descrições e exemplos de sistemas construtivos industrializados, com breves históricos, e informações específicas de alguns exemplos de sistemas construtivos.

Também é apresentado um exemplo de construção racionalizada com o uso de painéis cerâmicos. Outros exemplos serão futuramente tratados em publicações posteriores.

8. Sistemas construtivos industrializados

Os principais sistemas industrializados disponíveis no Brasil são apresentados a seguir, incluindo o histórico e o estágio atual da tecnologia, as tipologias e o uso.

8.1 Sistemas construtivos industrializados em aço

Apesar de ainda serem tratadas como um sistema construtivo novo, as estruturas de aço são centenárias e muito difundidas em diversos países, principalmente nos Estados Unidos e na Europa.

A construção metálica teve início na Era do Ferro Fundido, que durou até 1850, passando pela Era do Ferro Forjado, por volta de 1890, até chegar à Era do Aço, sempre evoluindo em resistência mecânica e outras características, como a ductibilidade, soldabilidade e resistência à corrosão.

Uma referência bastante conhecida e que remete aos primórdios da história da construção em aço é a ponte sobre o rio Severn, na Inglaterra. Construída em 1779, a Ironbridge tem mais de dois séculos de existência e ainda está em uso como passarela, mostrando a durabilidade de sua estrutura metálica (Figura 10).



Figura 10: Ironbridge (crédito: Tony Hisgett - Birmingham, UK)

Em 1857, foi construída a ponte sobre o rio Paraíba do Sul, na cidade de mesmo nome, que se acredita ser a ponte mais antiga do Brasil. Com vãos de 30 m e em treliça arqueada, a estrutura tem 6 m de largura (Figura 11).

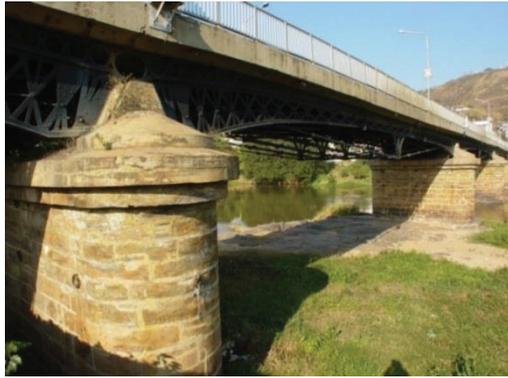


Figura 11: Ponte Paraíba do Sul (crédito: Instituto Estadual do Patrimônio Cultural)

Considerado o primeiro edifício de múltiplos andares estruturado em aço, o Home Insurance Building, em Chicago, nos EUA, foi construído em 1885 (Figura 12). Ele apresentou um sistema estrutural pioneiro das modernas estruturas de aço. Pela primeira vez, transferiu-se o peso das paredes para vigamentos de ferro e respectivos pilares, usando-se a alvenaria apenas para a vedação.



Figura 12: Home Insurance Building (crédito: Chicago Architectural Photographing Company)

No Brasil, alguns edifícios marcaram a nossa história, como o edifício garagem América, em São Paulo, com 16 pavimentos, construído em 1957. Outros edifícios como o Avenida Central, construído em 1961 no

Rio de Janeiro, com 34 andares, e o Escritório Central da CSN, de 1966, com 17 andares e o primeiro em perfis soldados também fizeram história.

Os emblemáticos edifícios da Esplanada dos Ministérios e o edifício do Congresso Nacional, construídos em 1960, também são todos estruturados em aço (Figura 13).



Figura 13: Anexo do Congresso Nacional (crédito: Folha de São Paulo)

Hoje, a construção industrializada em aço está sendo cada vez mais utilizada no Brasil, seja em pequenas ou grandes estruturas, graças aos avanços tecnológicos dos últimos anos, trazendo ao mercado novos produtos, devido às novas necessidades da construção moderna (Figura 14 e 15).



Figura 14: Centro Empresarial Senado (crédito: acervo WTorre)

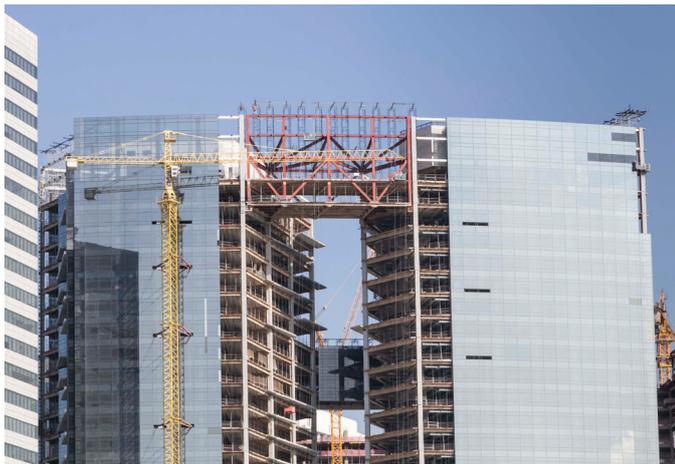


Figura 15: WTorre Morumbi (Foto: Marcelo Scandaroli)

8.1.1 Características da construção em aço

As estruturas em aço são empregadas em vários tipos de empreendimento, cada qual com as suas características, sendo classificadas em: estruturas para a construção civil, tais como edificações comerciais, residenciais e de interesse social, estruturas de coberturas, estádios esportivos (Figura 16), estações e terminais rodoviários, ferroviários e aeroportuários, mezaninos de lojas, centros logísticos e de distribuição, edifícios culturais e institucionais, estruturas para a indústria (galpões sem e com ponte rolante, estruturas de suporte de equipamentos: pipe-rack, usinas, mezaninos), estruturas de obras viárias (pontes e viadutos rodoviários e ferroviários, passarelas de pedestre). Também são empregadas em pisos, coberturas, fachadas, vedações verticais e horizontais.



Figura 16: Grandes vãos – Arena Castelão (Foto: Leonardo Finotti)

Por ser um material versátil e flexível, o aço apresenta algumas características particulares. Devido a sua alta resistência mecânica, o uso de estruturas de aço cria melhores condições para se vencer grandes vãos, permitindo a concepção de projetos arquitetônicos arrojados. Além disso, por causa das menores dimensões das peças e menor peso próprio, as estruturas em aço reduzem a carga nas fundações e conferem à construção em aço um aumento da área útil construída, aproveitando-se melhor o espaço interno. Por serem mais compactas e leves, as peças de aço fazem que o transporte de materiais para a obra seja reduzido. O uso desse sistema construtivo também pode reduzir até 40% do tempo de execução de um projeto, por permitir o acúmulo de etapas. Isto é, enquanto as peças estão sendo fabricadas na indústria, a fundação está sendo feita no canteiro. Como essa fabricação obedece a rigorosas especificações dimensionais, na etapa de montagem a estrutura estará nivelada e aprumada, o que serve de guia para as demais etapas da obra, reduzindo-se o desperdício de materiais.

Na construção em aço, como ocorre com toda solução estrutural, o sucesso da construção está atrelado a um projeto bem compatibilizado. O sistema construtivo deve ser definido no projeto arquitetônico, para que os benefícios advindos da construção industrializada sejam apreciados. Para se obter o melhor desempenho, os detalhes de ligações das construções em aço devem ser considerados, assim como as interfaces com as vedações. As normas técnicas também devem ser respeitadas para que não se tenha surpresas durante a obra.

A concepção como um todo deve privilegiar a otimização dos materiais, o detalhamento das ligações mais fáceis para a fabricação e montagem, além de contemplar uma visão da montagem em campo que maximize a simplicidade, a rapidez e a segurança.

O aço é um material que permite adaptações e ampliações sem que haja redução significativa do espaço interno e aumento da carga nas fundações. Também é 100% reciclável, e as estruturas em desuso podem ser reutilizadas na fabricação de novas, seja pela montagem e desmontagem, ou pela fundição para a fabricação de novas peças.

Na construção industrializada, deve-se examinar todo o processo de escolha do sistema estrutural, que envolverá uma série de variáveis ligadas à estrutura e à própria obra, como os custos diretos do empreendimento, relação tempo \times custo, peso da estrutura \times valor da fundação – no caso da construção em aço – e a redução de resíduos provenientes da obra.

Dessa forma, é possível avaliar o empreendimento como um todo e escolher o melhor sistema estrutural, de acordo com as suas características. O CBCA disponibiliza em seu site o manual *Viabilidade Econômica*, que auxilia o profissional a fazer o cálculo de viabilidade do empreendimento estruturado em aço como um todo. Alguns fatores que devem ser considerados nesse cálculo são o custo da fundação, que nesse sistema é reduzido, o custo direto com os profissionais alocados para a obra, a redução do prazo de entrega da obra, entre outros.

O fluxo de produção das estruturas de aço, do projeto à obra, segue o esquema da Figura 17:

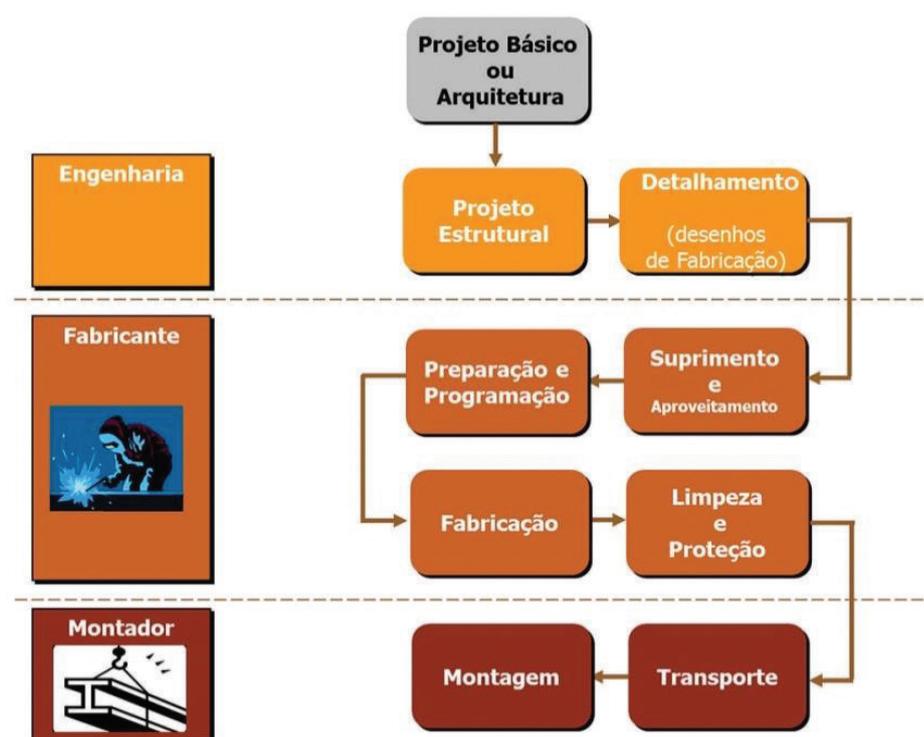


Figura 17: Fluxo de produção de estruturas de aço (Imagem: Fernando Pinho)

8.1.1.1 Ligações

Na construção em aço deve-se atentar para o que chamamos de ligações (Figura 18), que são todos os detalhes construtivos que unem as partes das estruturas entre si ou com elementos externos a elas, como as fundações. No caso das estruturas metálicas, essas uniões compõem-se de:

- Elementos de ligação – enrijecedores, placa de base, cantoneiras, chapas de gusset, talas de alma e de mesa etc. Esses elementos permitem ou facilitam a transmissão dos esforços.
- Meios de ligação – soldas, parafusos e barras roscadas, como os chumbadores. São elementos que unem as partes da estrutura para formar a ligação.

O bom desempenho de uma ligação depende diretamente de dimensionamento e detalhamento precisos, capazes de garantir que as resistências correspondentes aos estados-limites sejam maiores que as solicitações de cálculo e que as premissas de projeto possam ser devidamente atendidas na ligação real.

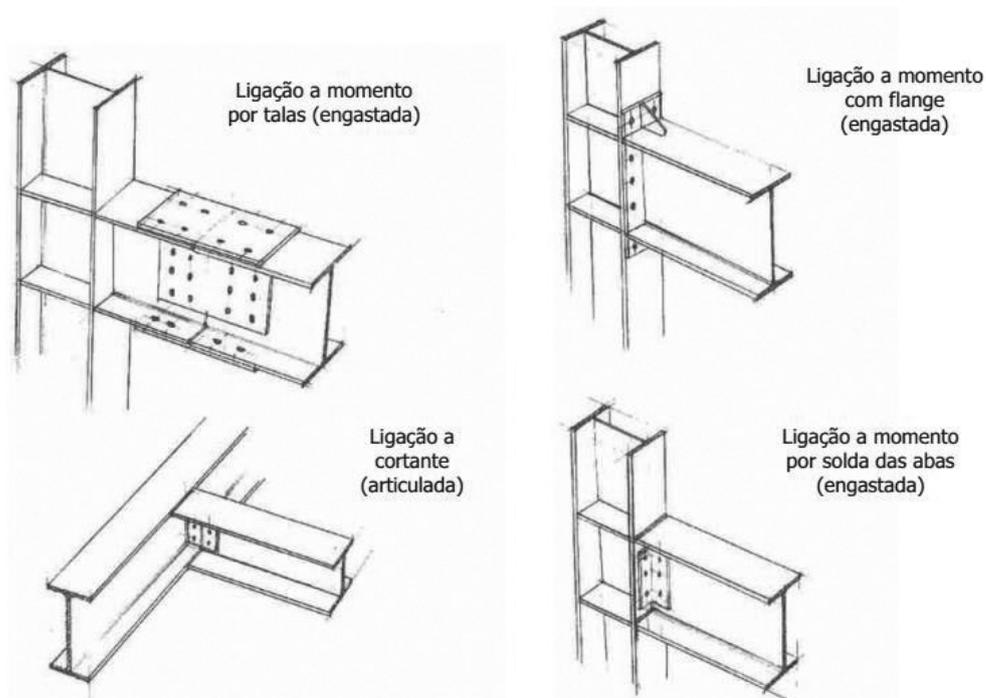


Figura 18: Exemplos de ligação

As ligações aparafusadas (Figura 19) são amplamente utilizadas na construção em aço por serem de fácil execução e controle. Esse tipo de ligação permite ainda que a estrutura seja desmontada após determinado uso. Isso faz que a construção em aço seja versátil, adaptando-se a diferentes projetos. No Rio de Janeiro, por exemplo, as estruturas do Complexo Esportivo de Handebol, que atenderá às demandas dos Jogos Olímpicos de 2016, serão desmontadas para posteriormente serem remontadas na

forma de escolas. Uma nova forma de economia, aproveitamento de material e sustentabilidade.

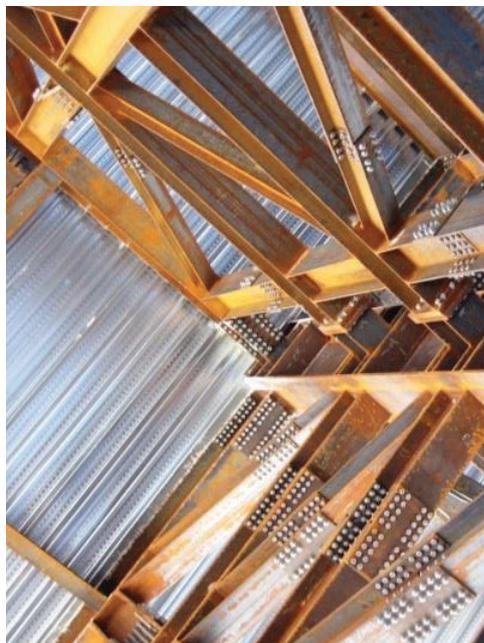


Figura 19: Ligações aparafusadas (Foto: Marcelo Micali Ros)

8.1.1.2 Vedações

Outro fator importante na construção em aço, as vedações devem estar em harmonia com a estrutura e com os demais elementos que formam a edificação. É preciso haver a compatibilização de interfaces entre a estrutura metálica e os sistemas complementares, como as vedações e instalações.

Na hora de selecionar a melhor solução de fechamento industrializado, é necessário que alguns critérios sejam adotados pelo projetista, especialmente considerando-se as prescrições da ABNT NBR 15575 Edificações Habitacionais – Desempenho.

Como se trata de um sistema industrializado, todas as interfaces precisam ser planejadas na fase de projeto e não no canteiro de obras. O ideal é que o projeto arquitetônico seja feito em consonância com o estrutural. Recomenda-se a presença do projetista de estruturas no desenvolvimento de todos os demais projetos que compõem o empreendimento. Planejamento é a palavra-chave para o sucesso desse tipo de sistema construtivo.

As vedações verticais fazem parte do sistema responsável pela estética e estanqueidade das edificações. A escolha do tipo de vedação precisa ser cuidadosamente avaliada e precedida do estudo das características de cada sistema. É importante ressaltar que a estrutura metálica é perfeitamente compatível com qualquer tipo de material de fechamento, sejam eles convencionais ou pré-fabricados, como alvenaria, painéis pré-fabricados de concreto, painéis metálicos termoisolantes, *light steel framing*, entre outros. Os exemplos a seguir são alguns dos sistemas de vedação estruturados em aço, perfeitamente compatíveis com as estruturas metálicas:

- ***Light steel framing* (LSF)** – Sistema construtivo industrializado caracterizado por um esqueleto estrutural leve composto por perfis de aço galvanizado. Complementados por placas cimentícias, os *frames* de aço podem configurar uma opção de fechamento externo para edifícios, sejam eles novos ou em processo de *retrofit*. Precisão dimensional, velocidade de execução, baixo peso próprio do sistema e menor perda de material são algumas vantagens associadas a essa tecnologia.

- **Painéis arquitetônicos de fachada** – Com uso extensivo na Europa e nos Estados Unidos, estão presentes no Brasil desde o início dos anos 1970. Nos últimos anos, avanços notáveis foram promovidos nesses produtos, como a redução do peso dos painéis e novas opções de acabamento. Fixados com o apoio de perfis metálicos, os painéis podem sair de fábrica com revestimento de mármore ou granito, por exemplo.

- **Painéis metálicos termoisolantes** – São bastante empregados em obras industriais, especialmente para compor ambientes que demandam temperaturas controladas. Os painéis-sanduíche normalmente são confeccionados em aço (zincado pré-pintado, anodizado ou inox), alumínio ou chapas de polímero perfiladas a quente com recheio isolante. A forma de instalação é semelhante à dos painéis arquitetônicos e emprega perfis ou encaixes tipo macho e fêmea metálicos.

O Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) disponibiliza gratuitamente em seu site diversos manuais que tratam de diferentes aspectos da construção em aço.

8.1.2 Construção em aço e seus produtos – tipologias

8.1.2.1 Aços estruturais

O aço é produzido em uma grande variedade de tipos e formas, cada qual atendendo eficientemente a uma ou mais aplicações. Isso decorre da necessidade de contínua adequação do produto às exigências de aplicações específicas que vão surgindo no mercado, seja pelo controle da composição química, seja pela garantia de propriedades específicas ou, ainda, na forma final (chapas, perfis, tubos, barras etc.).

A utilização do aço na construção faz que os impactos da obra, tanto urbanos como ambientais, sejam reduzidos, principalmente devido ao menor volume de entrada de materiais e saída de resíduos, o que contribui para a sustentabilidade do empreendimento – menor quantidade de circulação de caminhões para a obra e de resíduos a serem descartados.

Os aços mais utilizados na construção civil são os estruturais de média e alta resistência mecânica, termo designativo de todos os aços que, devido à sua resistência, ductilidade e outras propriedades, são adequados para a utilização nesse setor (Figura 20). Os principais requisitos para os aços destinados à aplicação estrutural são: elevada tensão de escoamento, elevada tenacidade, boa soldabilidade, homogeneidade microestrutural, susceptibilidade de corte por chama sem endurecimento e boa trabalhabilidade em operações tais como corte, furação e dobramento, sem que se originem fissuras ou outros defeitos.

ABNT NBR 7007			ABNT NBR 6648			ABNT NBR 6649 / ABNT NBR 6650		
Aços-carbono e microligados para uso estrutural e geral			Chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural			Chapas finas (a frio/a quente) de aço-carbono para uso estrutural		
Denominação	f_y MPa	f_u MPa	Denominação	f_y MPa	f_u MPa	Denominação	f_y MPa	f_u MPa
MR 250	250	400-560	CG-26	255	410	CF-26	260/260	400/410
AR 350	350	450	CG-28	275	440	CF-28	280/280	440/440
AR 350 COR	350	485				CF-30	---/300	---/490
AR 415	415	520						
ABNT NBR 5000			ABNT NBR 5004			ABNT NBR 5008		
Chapas grossas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica			Chapas finas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica			Chapas grossas e bobinas grossas, de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural		
Denominação	f_y MPa	f_u MPa	Denominação	f_y MPa	f_u MPa	Denominação	f_y MPa	f_u MPa
G-30	300	415	F-32/Q-32	310	410	CGR 400	250	380
G-35	345	450	F-35/Q-35	340	450	CGR 500 e		
G-42	415	520	Q-40	380	480	CGR 500A	370	490
G-45	450	550	Q-42	410	520			
			Q-45	450	550			
ABNT NBR 5920/ABNT NBR 5921				ABNT NBR 8261				
Chapas finas e bobinas finas (a frio/a quente), de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural				Perfil tubular, de aço-carbono, formado a frio, com e sem costura, de seção circular ou retangular para usos estruturais				
Denominação	f_y MPa	f_u MPa	Denominação	Seção circular		Seções quadrada e retangular		
				f_y MPa	f_u MPa	f_y MPa	f_u MPa	
CFR 400	---/250	---/380	B	290	400	317	400	
CFR 500	310/370	450/490	C	317	427	345	427	

^a Para limitações de espessura, ver norma correspondente.

Figura 20: Aços especificados por Normas Brasileiras para uso estrutural - ABNT NBR 8800 2008, p.108

Os aços estruturais são fabricados através dos produtos descritos a seguir.

8.1.2.2 Chapas – grossas e finas: a quente e revestidas

- Chapa grossa: As chapas grossas têm espessura superior a 6,00 mm e são obtidas através do processo de laminação a quente. São utilizadas na fabricação de componentes estruturais como pilares e vigas para construção de pontes, edifícios, galpões e torres eólicas.
- Chapa fina: As chapas finas têm espessura superior a 0,30 mm e inferior a 6,00 mm. São subdivididas em:
 - chapa fina **a quente**: espessura final obtida pelo processo de laminação a quente. São utilizadas em perfis soldados, perfis formados a frio para a construção e indústria.
 - chapa fina **a frio**: espessura final obtida pelo processo de laminação a frio. São utilizadas em perfis e squadrías.

- chapa fina **galvanizada/zincada**: revestidas ambas as faces com zinco, pelo processo de galvanização a quente ou por eletrodeposição. É utilizada na fabricação de telhas, calhas, *steel deck* e perfis de *drywall* e *light steel frame*.

8.1.2.3 Perfis – soldados, laminados, formados a frio e tubos sem costura e com costura

Perfis soldados: perfis obtidos pela composição de chapas através de solda, com amplas possibilidades de composição e tamanhos (Figura 21).

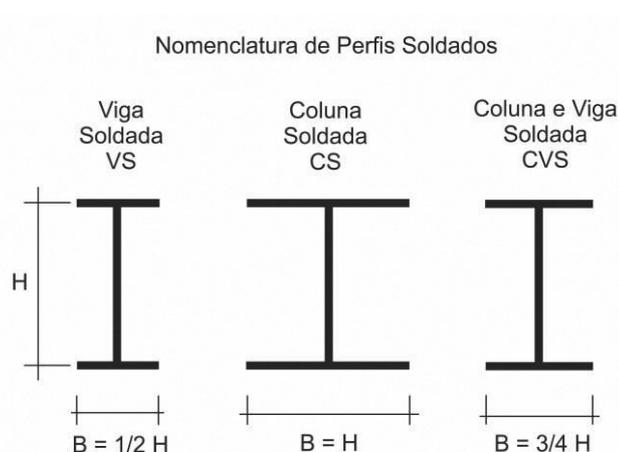


Figura 21: Exemplos de perfis soldados

Perfis laminados: produzidos através do processo de laminação a quente (Figura 22). Podem ser de abas inclinadas ou paralelas. Não possuem qualquer tipo de solda ou emenda. Devem corresponder às exigências descritas na Norma ABNT NBR 15980:2011 Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias.



Figura 22: Processo de laminação; pode-se observar o esboço do perfil (Foto: associada CBCA)

Perfis formados a frio: produzido por conformação a frio de chapas em temperatura ambiente em prensa dobradeira ou perfiladeira (Figura 23). Padronizados por meio da Norma ABNT NBR 6355:2012 Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização e ABNT NBR 15253:2014 Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais.



Figura 23: Dobradeira de perfis a frio (Imagem: Sidnei Palatnik)

8.1.2.4 Tubos

8.1.2.4.1 Tubos sem costura: produzidos por laminação a quente



Figura 24: Perfis tubulares sem costura (Foto: associada CBCA)

8.1.2.4.2 Tubos com costura: produzidos através da conformação e solda de chapas

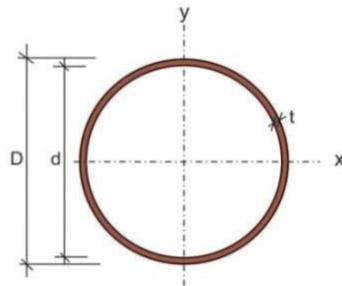


Figura 25: Exemplo de tubo com costura

8.1.2.5 Parafusos

Elementos que proporcionam a ligação entre as peças em uma estrutura.

Os principais tipos de parafuso empregados nas ligações estruturais são:

- **Parafuso comum** ou **ASTM A307**: empregados em estruturas leves e em ligações de elementos secundários ou temporários.
- **Parafuso de alta resistência** ou **ASTM A325/A490**: empregados nas ligações principais e devem ser apertados conforme especificação com equipamento específico (torquímetro).

8.1.2.6 Telhas de aço para coberturas e fechamentos

As telhas de aço têm sido cada vez mais utilizadas em coberturas e fechamentos de obras industriais, comerciais, residenciais e institucionais, bem como aeroportos e galpões. Os motivos que justificam tantas aplicações são vários. Entre eles, destacam-se o elevado desempenho e a durabilidade diretamente relacionados ao tipo de telha e ao seu revestimento, que podem ser especificados de acordo com as condições ambientais do local de implantação. A leveza das peças é outro ponto a se destacar, pois possibilita a construção de coberturas capazes de vencer grandes vãos com economia. Há ainda a flexibilidade proporcionada pela oferta de telhas com diferentes geometrias, espessuras e acabamentos. As telhas onduladas (Figura 26) apresentam vantagens em projetos nos quais a cobertura não é plana. Isso porque, em função de sua forma, permitem uma curvatura maior no sentido transversal. Já as telhas trapezoidais (Figura 27 e 28), por exemplo, são indicadas para cobrir amplos vãos e podem ser instaladas com uma inclinação menor, pois seu desenho favorece o escoamento da água.

Nos últimos anos, com o desenvolvimento tecnológico, surgiram novas possibilidades de aplicação das coberturas e fechamentos de aço. Um destaque nesse sentido são as telhas zipadas (Figura 29), fabricadas no canteiro de obra com perfiladeira especial portátil. Por dispensarem operações de transporte, essas telhas podem ser produzidas em grandes comprimentos, sem a necessidade de emendas ou de sobreposição de peças.

Para atender a diferentes linguagens arquitetônicas, há também as telhas curvas, que podem ser as calandradas, ou as multidobra. As primeiras recebem a sua curvatura ao passarem por uma calandra. O raio pode ser bastante variado a partir de um mínimo estabelecido pelo fabricante para cada espessura de chapa de aço e o aspecto superficial da telha é liso e uniforme. Já as telhas multidobra têm curvatura obtida por dobras transversais realizadas na chapa de aço. A cada nervura feita, a peça é ligeiramente arqueada e o processo permite a produção de telhas com raio variável e trechos retos. O processo de multidobragem é normalmente aplicado em telhas mais altas, entre 30 e 40 mm de altura e seu aspecto apresenta as características de nervuras transversais na chapa de aço.

O Manual Técnico *Telhas de aço*, publicado pela ABCEM em 2009, com o apoio da Finep, trata das boas práticas da qualidade em telhas de aço.

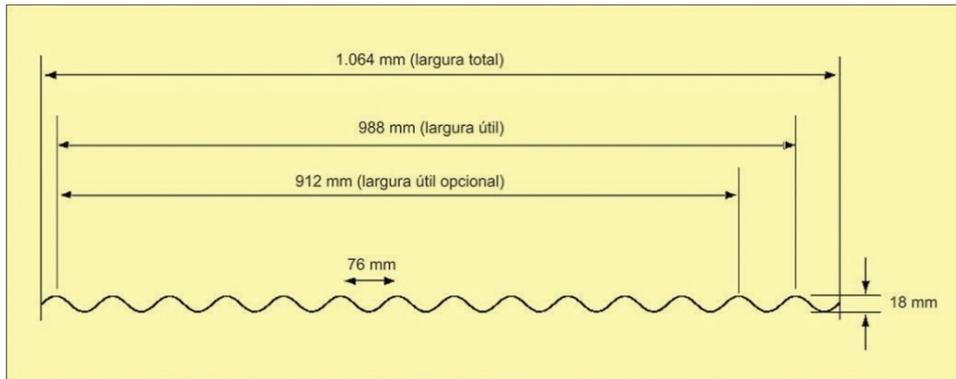


Figura 26: Exemplo de telha ondulada

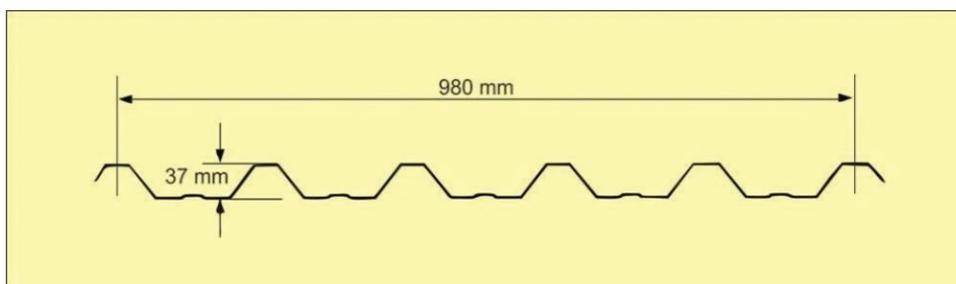


Figura 27: Exemplo de telha trapezoidal

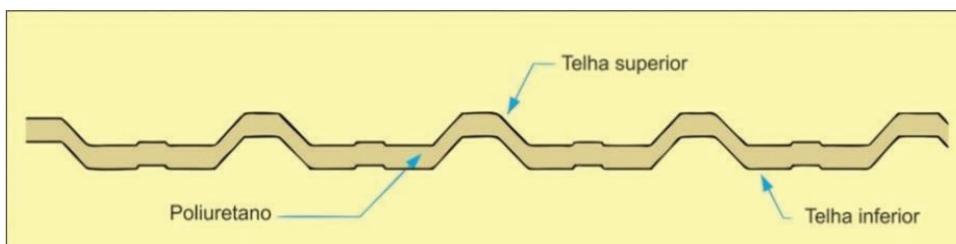


Figura 28: Exemplo de telha trapezoidal termoacústica



Figura 29: Telha zipada (foto: Dânica)

8.1.2.7 Steel-deck

O *steel deck* consiste na utilização de uma forma permanente de aço galvanizado, perfilada e formada a frio. Nesse sistema, o aço trabalha como forma para concreto durante a concretagem e como armadura positiva para as cargas de serviço. Para favorecer a aderência do concreto ao aço são conformadas moedas e ranhuras na chapa metálica que serve de superfície de ancoragem para o concreto.

Não necessita de escoramentos para a concretagem da laje, que pode vencer vãos de 2,0 m a 4,0 m, dependendo da sobrecarga requerida para a laje. Com isso, os andares inferiores à instalação do *steel deck* ficam livres, permitindo o trabalho no local e proporcionando rapidez na execução da obra (Figura 30).



Figura 30: Steel deck aplicado na obra (Imagem: arquivo CBCA)

8.1.2.8 Estacas metálicas

As estacas metálicas têm sido utilizadas há mais de 120 anos. No passado, sua grande aplicação era em cortinas de contenções prancheadas com madeira ou placas pré-moldadas de concreto. Devido à necessidade do mercado de reduzir as vibrações com a cravação de outros tipos de estacas e com o início da laminação de perfis estruturais, essa solução passou a ser considerada como uma solução técnica e economicamente viável. Outro fator que contribuiu para o avanço das estacas metálicas foi a grande modernização do parque de equipamentos hidráulicos e vibratórios no mercado, proporcionando obras mais rápidas, limpas e com aumento significativo da eficiência das estacas.

As estacas podem ser tubulares, feitas a partir de bobinas quentes e soldadas helicoidalmente. Normalmente, são utilizadas como camisas metálicas para fundação de obras portuárias e fundações de pontes.

Os perfis W e HP são utilizados como solução de fundações para obras imobiliárias, industriais, portuárias e de infraestrutura. Para fundações muito profundas, acima de 24 m, a solução de estacas de seção decrescente com a altura pode ser uma boa alternativa quando se deseja reduzir peso de estaca sem perder a sua capacidade de carga.

Outra alternativa em estrutura metálica para contenções de divisas são as estacas-prancha, laminadas a quente em diversos modelos e tamanhos. São produzidas no exterior e importadas para o Brasil.

A solução em estacas metálicas tem como principais características sua alta capacidade de carga, rapidez de execução, fácil controle e gerenciamento e ausência de resíduos, sendo, portanto, uma importante alternativa a ser considerada nos projetos.

8.1.3 Estruturas mistas

Cada vez mais utilizado no Brasil, o sistema misto é aquele no qual um perfil de aço (laminado, soldado ou formado a frio) trabalha em conjunto com o concreto, formando um pilar misto, uma viga mista, uma laje mista ou uma ligação mista.

Na concepção da estrutura mista aço-concreto, os pilares são em perfis de aço com a envoltória em concreto ou perfis tubulares preenchidos com concreto, sendo que o perfil e o concreto responderão de forma conjunta ao dimensionamento estrutural (Figura 31). As vigas são em perfis laminados e trabalham junto com a laje, sendo por esse motivo consideradas vigas mistas, embora não estejam envoltas em concreto, como no caso dos pilares. Os benefícios desse sistema são a dispensa do uso de formas e escoramentos para a laje e redução da altura das vigas e, conseqüentemente, a redução no consumo de aço das vigas. Já em relação aos pilares mistos, há redução considerável do consumo de aço estrutural e das proteções contra incêndio e corrosão. É um sistema competitivo para estruturas de vãos médios a elevados, caracterizando-se pela rapidez de execução e pela significativa redução do peso total da estrutura (Figuras 32 e 33).

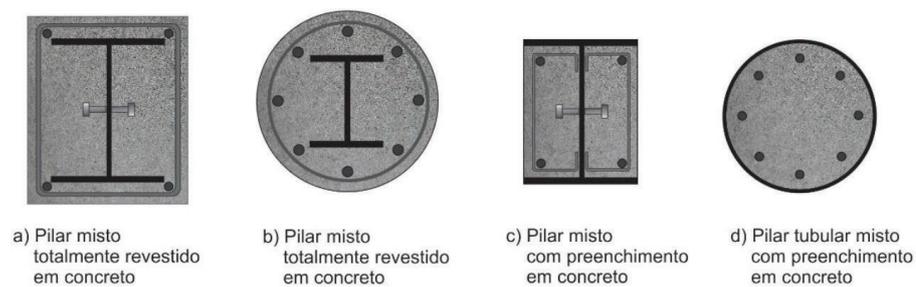


Figura 31: Exemplos de pilares mistos

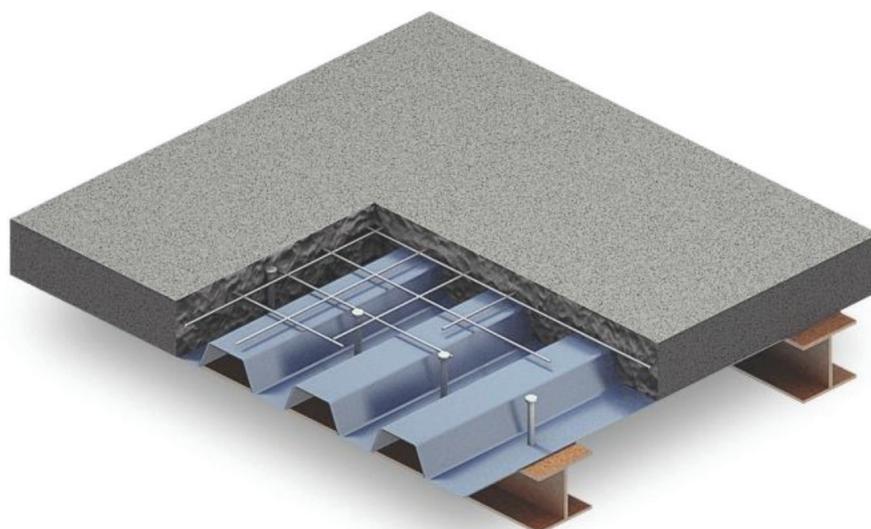


Figura 32: Exemplo de laje mista sobre viga metálica – Steel deck



Figura 33: Vista de fachada com os pilares mistos em processo de concretagem
(Foto: Ricardo Werneck)

8.1.4 Tratamento contra a corrosão

Um bom projeto é premissa para se evitar problemas de corrosão ao longo da vida útil da edificação. Deve-se atentar para a especificação correta do tipo de aço a ser utilizado para determinada condição climática na qual a edificação estará inserida.

A proteção de estruturas metálicas contra a corrosão pode ser feita através de medidas simples, descritas em normas, códigos de conduta e manuais. A principal abordagem pode ser agrupada em três linhas de atuação complementares:

1. Cuidados no detalhamento do projeto (Figura 34)

Como é de conhecimento geral, a corrosão atmosférica é um fenômeno espontâneo que, para acontecer, necessita de água e, concomitantemente, do oxigênio atmosférico sobre a superfície metálica.

Por isso, a recomendação é a de que os projetos prevejam sempre furos de drenagem para o escoamento da água, onde seja necessário. Outra ação simples é evitar a formação de cavidades e frestas onde a água possa ficar retida. A atenção ao detalhamento do projeto é a maneira mais econômica de proteger o aço contra a corrosão.

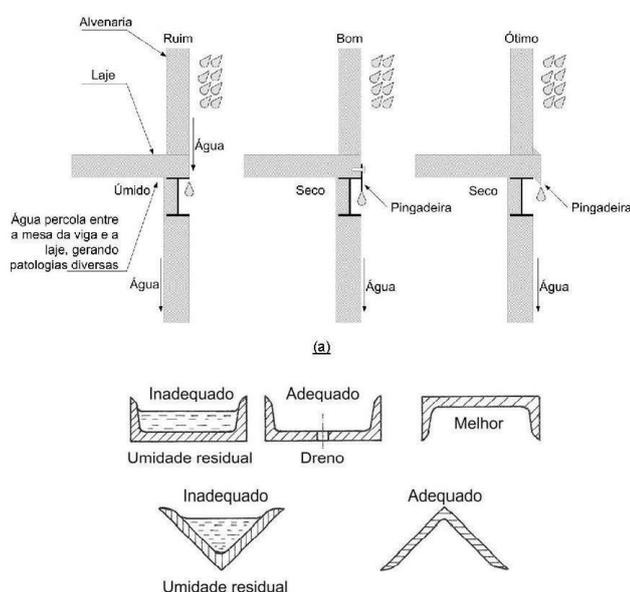


Figura 34: Exemplos de medidas de controle da corrosão através do detalhamento do projeto (imagem: retiradas do Manual de Construção em Aço do CBCA, Projeto e Durabilidade, do autor Fábio Domingos Pannoni)

2. Escolha do melhor sistema de proteção

A seleção de um sistema de proteção adequado depende do conhecimento prévio de alguns fatores:

- Agressividade do ambiente circundante e interno à estrutura. Esse é o ponto de partida para a escolha de um sistema de proteção que proporcione a durabilidade desejada;
- Dimensão e forma dos componentes metálicos estruturais;
- Possibilidade de intervenções periódicas de manutenção;
- Possibilidades de tratamento existentes.

3. Impactos ambientais

É cada vez mais importante considerar a utilização das tintas com baixo teor de solventes e que não contenham pigmentos nocivos ao meio ambiente. Da mesma forma, sistemas de proteção mais duradouros devem ser preferidos àqueles que necessitam de manutenção periódica com mais frequência. Na hora de comparar diferentes opções de tratamento, é aconselhável fazer o cálculo do custo do ciclo de vida de cada solução para fazer a escolha mais acertada.

8.1.4.1 Galvanização × pintura

Dois dos métodos mais consolidados para a proteção do aço contra a corrosão são a pintura e a galvanização, ambas bastante utilizadas.

Nos casos em que a escolha recai sobre a pintura (Figura 35), é importante não deixar de observar os preceitos contidos nas normas internacionais. Os sistemas propostos na norma ISO 12944 são reconhecidos mundialmente.



Figura 35: Aplicação de tinta com pistola sobre a estrutura (Foto: Sidnei Palatnik)

Outra opção que pode apresentar bons resultados é a galvanização a quente (Figura 36), quando os componentes estruturais são submersos em um banho de zinco a elevadas temperaturas.



Figura 36: Tanque de imersão da peça de aço para zincagem (Foto: Brafer)

A dica é nunca deixar de avaliar as duas possibilidades de proteção (pintura e galvanização). Isso porque os custos podem ser semelhantes.

As duas opções podem também ser combinadas aumentando a proteção das peças contra a corrosão. O sistema duplex, que combina galvanização com pintura, oferece uma expectativa de vida útil maior que a soma da expectativa de cada sistema, algo em torno de 1,5 vezes a soma das expectativas de vida de cada sistema (ex.: galvanização - 40 anos, pintura - 10 anos, sistema duplex - 75 anos).

Isso ocorre porque os produtos da corrosão do aço são mais volumosos e têm maior solubilidade, levantando e destruindo a tinta, ao passo que os resultantes da corrosão natural do zinco são menos volumosos e menos solúveis, não afetando a camada de tinta que continua protegendo o material.

8.1.5 Resistência ao fogo

Todos os materiais estruturais de uso comum (concreto, aço, madeira ou alumínio) apresentam profundas alterações em suas propriedades quando sujeitos às altas temperaturas, como as que ocorrem em um incêndio.

Resistência ao fogo é uma medida do tempo transcorrido antes que um elemento construtivo exceda limites especificados para a capacidade de suportar cargas (isto é, estabilidade), isolamento e estanqueidade.

Estruturas de aço são altamente resistentes ao fogo. Um dos pontos mais importantes nos projetos de construção civil é reduzir o risco de incêndios e, caso ocorram, aumentar o tempo de início de deformação da estrutura, conferindo, assim, maior segurança a essas construções. Essa é a razão do estabelecimento, em muitos países, de exigências mínimas de resistência ao fogo para os componentes estruturais. Essas normas de “segurança contra incêndio”, em geral, levam em consideração uma temperatura crítica na qual o aço perde uma porção significativa de sua resistência mecânica ou atinge um estado-limite de deformações ou de tensões, ou seja, uma temperatura que represente uma condição de falha, que pode representar o colapso da estrutura. Usualmente, refere-se também a um tempo de resistência ao fogo, ou seja, ao tempo para que a temperatura crítica, ou condição de falha, seja alcançada.

A ABNT NBR 14432 estabelece as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais (de aço, concreto, madeira etc.) e de compartimentação que integram os edifícios para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural. As exigências dessa norma são dadas em termos de “Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo”, também conhecidos como TRRF. Os TRRF são definidos na própria norma como o “tempo mínimo de resistência ao fogo de um elemento construtivo quando sujeito a um ensaio padronizado”. Esse ensaio padronizado é conhecido como “incêndio-padrão”.

A Norma fornece uma Tabela de TRRF exigidos para cada componente estrutural e de compartimentação que integram a edificação. O texto também traz uma série de disposições construtivas que permitem a isenção da proteção.

Materiais utilizados na proteção antitérmica “tradicionais” (também chamados de materiais de “proteção passiva”) isolam a estrutura de aço dos efeitos das altas temperaturas que podem ser geradas por um incêndio. Eles podem ser divididos em três grupos:

- Materiais projetados: materiais de baixo custo, duráveis, aplicados diretamente sobre o aço.
- Materiais rígidos ou semirrígidos: são aplicados, de modo geral, internamente à edificação, estando aparentes ou não. São materiais de boa aparência, fixação a seco e baixo custo.
- Materiais intumescentes: produtos aparentados das tintas de proteção contra a corrosão. São inertes em baixas temperaturas, mas

proporcionam isolamento térmico através da intumescência (ou “inchamento”), que ocorre em temperaturas de aproximadamente 250 °C. Esse “inchamento” da camada intumescente gera uma camada carbonizada de materiais de baixa condutividade térmica que funcionam como isolante térmico.

De acordo com o especialista em seguros Ricardo Cuoghi, membro da Comissão de Riscos de Engenharia da Federação Nacional de Seguros Gerais (FenSeg), estruturas em aço não encarecem o valor do prêmio do seguro contra incêndio da edificação. Segundo ele, os parâmetros de seguro que se referem à estrutura de um edifício estão relacionados ao caráter combustível ou incombustível dessa estrutura. Aço e concreto são materiais incombustíveis, portanto são estruturas normalmente aceitas pelas seguradoras. Atualmente muitas seguradoras globais atuam no Brasil com critérios de aceitação de risco muito similares dentro e fora do país.

8.1.6 Execução e montagem das estruturas de aço

A construção em aço, como exemplo de construção industrializada, tem como característica o fato de deslocar boa parte das atividades para fora do canteiro de obra. As peças são produzidas em fábricas e montadas posteriormente na obra (Figura 37). Esse processo reduz o tempo de obra e aumenta o controle da qualidade.



Figura 37: Montagem da estrutura de aço (Imagem: arquivo CBCA)

Durante a fabricação da estrutura, por exemplo, há ganhos de produtividade sempre que as peças são de simples concepção, se repetem diversas vezes e apresentam pequeno número de operações para serem concluídas. Como regra, quanto mais próxima a peça estiver da forma inicial do perfil que lhe deu origem, mais fácil será a sua fabricação.

Decisões tomadas na fase de elaboração de projeto interferem diretamente na produtividade obtida na montagem da estrutura na obra. Se ocorrerem repetições de peças em situações virtualmente idênticas ou mesmo semelhantes, o tempo de montagem será reduzido progressivamente.

A logística de produção e envio das peças para a obra devem ser previamente pensadas. É de extrema importância a elaboração de um plano de montagem. Se as peças serão soldadas ou aparafusadas, deverá ser feito planejamento prévio de recursos na obra – por exemplo, o uso de energia elétrica.

8.1.6.1 Transporte eficiente

O planejamento bem realizado do transporte das peças até o canteiro de obra otimiza as qualidades da construção em aço. É importante que lajes, vigas e pilares tenham dimensões, forma e peso compatíveis com os veículos que serão utilizados. Da mesma forma, peças devidamente armazenadas na fábrica e no canteiro propiciam maior facilidade para serem localizadas e içadas. Sem contar que estruturas bem acondicionadas dentro dos veículos também induzem operações de embarque e desembarque mais racionais, além de representar menores gastos com o transporte (Figura 38).

Por serem as estruturas em aço mais esbeltas e com volume menor, é considerável a redução de caminhões enviados para a obra.



Figura 38: Embarque de estruturas de aço em caminhão (Foto: Sidnei Palatnik)

8.1.6.2 Operação segura

A montagem de estruturas de aço tem diferentes graus de complexidade. Para as operações menos complexas deve ser elaborado um Plano de Montagem simplificado. Para a montagem de estruturas mais complexas será elaborado um Plano de Montagem detalhado com Plano de Rigging dos içamentos críticos. Deve-se levar em conta os equipamentos necessários de acordo com o peso e quantidade das peças a serem montadas em um mesmo momento.

O Plano de Montagem é um documento técnico constituído de descritivos, desenhos, diagramas e folhas de dados. É importante que os seguintes aspectos sejam abordados:

- Canteiro de obras: definição dos caminhos de serviço, planta de situação, capacidade de suporte do solo, dimensionamento da área de descarga e estocagem etc.
- Processo de montagem: detalhamento da sequência de montagem e os seus ciclos, recomendações quanto às precauções a serem tomadas sob a ocorrência de mau tempo, ventos ou temperaturas extremas etc.

8.1.7 Normas técnicas do aço

A seguir indicamos as normas técnicas aplicadas à construção em aço no Brasil:

- ABNT Norma NBR 16239:2013 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares;
- ABNT Norma NBR 14323:2013 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio;
- ABNT Norma NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;
- ABNT Norma NBR 15980:2011 – Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias;
- ABNT Norma NBR 15217:2009 – Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado – Requisitos;
- ABNT Norma NBR 14514: 2008 – Telhas de aço revestido de seção trapezoidal – Requisitos gerais;

- ABNT Norma NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- ABNT Norma NBR 15253:2014 – Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais;
- ABNT Norma NBR 14513:2008 – Telhas de aço revestido de seção ondulada – Requisitos gerais;
- ABNT Norma NBR 6355:2012 – Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização;
- ABNT Norma NBR 16421:2015 – Telha-forma de aço colaborante para laje mista de aço e concreto – Requisitos e ensaios;
- ABNT Norma NBR 16373:2015 – Telhas e painéis termoacústico - Requisitos de desempenho;
- ABNT Norma NBR 14513:2008 – Telhas de aço revestido de seção ondulada – Requisitos;
- AASHTO specification – Bridge design specifications, standard specifications for highway bridges;
- AISC code of standard practice for steel buildings and bridges, March 18, 2005;
- AISC manual of steel construction – The AISC manual of steel construction, 14th Edition;
- AISC specification – The AISC specification for structural steel buildings, 2010;
- AWS D1.1/D1.1M – Structural welding code;
- AWS D1.5/D1.5M – Structural welding code for bridges.

8.2 Sistema construtivo em *light steel framing*

O *light steel framing* é um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio, projetados para suportar as cargas da edificação ou trabalhar em conjunto com outros subsistemas industrializados, para garantir os requisitos de funcionamento da edificação.

É um sistema construtivo aberto que permite a utilização de diversos materiais; flexível, pois não apresenta grandes restrições aos projetos; racionalizado, pois otimiza a utilização dos recursos e o gerenciamento das perdas; customizável, já que permite total controle dos gastos na fase de projeto; além de durável e reciclável em grande parte.

O sistema construtivo *light steel framing* – LSF – é indicado para uso em residências unifamiliares térreas ou sobrados, edifícios de até 8 pavimentos, hotéis, edifícios da área de saúde, clínicas, hospitais, comércio em geral, creches, edifícios para educação e ensino, fachadas de edifícios em geral incluindo os de grande altura, retrofit e ampliações de edifícios existentes (Figuras 39 a 41).



Figura 39: Habitação Unifamiliar Minha Casa Minha Vida – Paraná (Fonte: Saint-Gobain)



Figura 40: Habitação Unifamiliar (Fonte: Construtora Micura)



Figura 41: Edifício Educacional multi-pavimentos. Fachada em light steel framing (Fonte: Saint-Gobain)

Apesar de ser uma tecnologia recente no Brasil, a origem do *light steel framing* remonta ao início do século XIX. Na verdade, historicamente iniciou com as habitações em madeira construídas pelos colonizadores no território norte-americano naquela época. Para atender ao crescimento da população, foi necessário empregar métodos mais rápidos e produtivos na construção de habitações, utilizando os materiais disponíveis na região.

A partir daí esse tipo de construção tornou-se a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos.

Aproximadamente um século mais tarde, em 1933, com o grande desenvolvimento da indústria do aço nos Estados Unidos, foi lançado na Feira Mundial de Chicago o protótipo de uma residência em *light steel framing* que utilizava perfis de aço para substituir a estrutura de madeira. O crescimento da economia norte-americana e a abundância na produção de aço no período pós-Segunda Guerra possibilitaram a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio, e o uso dos perfis de aço substituindo os de madeira passou a ser vantajoso, devido à maior resistência e eficiência estrutural do aço e à capacidade da estrutura de resistir a catástrofes naturais como terremotos e furacões.

Na década de 1990, as flutuações no preço e na qualidade da madeira para a construção civil, estimularam o uso dos perfis de aço nas construções residenciais. Estimou-se que até o final da década de 1990, 25% das residências construídas nos Estados Unidos foram em LSF (Bateman, 1998 apud CBCA, 2006).

8.2.1 Principais componentes do sistema light steel framing

8.2.1.1 Perfis de aço

Os perfis típicos para o uso em *light steel framing* são obtidos por conformação a frio a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição conforme a NBR 15253.

A espessura da chapa varia entre 0,80 e 3,0 mm, sendo as seções mais comuns aquelas com formato em “C” ou “U” enrijecido (Ue) para montantes e vigas, e o “U” que é usado como guia na base e no topo dos painéis.

O limite de escoamento dos perfis de aço zincado, não deve ser inferior a 230 Mpa.

NBR 15253 – Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: requisitos gerais.

NBR 6355 – Perfis estruturais de aço formados a frio – padronização

8.2.1.2 Vedações externas e internas

O sistema aceita uma grande variedade de materiais de vedação para esses tipos de edificações, como pode se constatar internacionalmente, seja de forma monocamada, seja de forma combinada.

No mercado nacional os produtos mais usuais para a vedação externa das construções em LSF são fornecidos em placas ou chapas, com várias espessuras, sendo os mais utilizados a placa cimentícia, o OSB (*Oriented Strand Board*) com proteção adequada quanto às intempéries, e painéis de aço tipo sanduíche compostos com isolantes – estes últimos de uso mais frequente em edificações não residenciais (Figuras 42 a 47).



Figura 42: Vedação com Placas Cimentícias – MCMV – Paraná (Fonte: Saint Gobain)



Figura 43: Vedação com Placas Cimentícias – MCMV – Paraná (Fonte: Saint-Gobain)



Figura 44: Vedação com Placas OSB e MCMV – Paraná (Fonte: Siding)

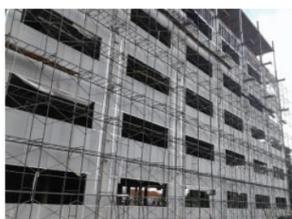


Figura 45: Fachada em light steel framing com vedação em Placas Cimentícias (Fonte: Saint-Gobain)



Figura 46: Fachada em light steel framing com vedação em Placas Cimentícias (Fonte: Saint-Gobain)



Figura 47: Fachada em light steel framing com vedação em Placas Cimentícias (Fonte: Saint-Gobain)

Para a vedação interior usam-se, via de regra, chapas de gesso acartonado para *drywall*.

A exemplo das práticas internacionais, as construções devem receber isolamento térmico e acústico adequados, para o conforto dos ocupantes e atendimento às normas brasileiras.

O sistema apresenta comportamento ao fogo dentro das exigências nacionais e internacionais, e seus elementos de vedação devem ter características adequadas e comprovadas, já que são grande parte da composição do sistema e fundamentais na proteção da edificação e de seus usuários.

As placas cimentícias, OSB e de gesso acartonado, já estão bastante disseminadas na realidade construtiva nacional no que se refere à mão de obra disponível e custo. A capacitação da mão de obra para

instalação de sistemas *drywall* muito influenciou na disseminação do uso de placas cimentícias e OSB, pelo método de instalação ser similar e a tecnologia encontrar-se amplamente difundida no Brasil.

Também se pode utilizar o acabamento tipo *siding* composto de réguas paralelas, muito comuns nas residências norte-americanas. O *siding* pode ser vinílico (feito com PVC), de madeira ou cimentício e normalmente é aplicado sobre placas de OSB.

As placas cimentícias podem ser utilizadas como fechamento e acabamento externo ou interno dos painéis, incluindo as áreas molháveis, e em áreas expostas a intempéries. Para uso em pisos é necessário um substrato de apoio, que pode ser de chapas OSB, para proporcionar às placas cimentícias resistência à flexão, ou compósitos usualmente de placas cimentícias com miolo em madeira.

As placas de OSB podem ser utilizadas como fechamento primário da face interna e externa dos painéis, para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado. Devido às suas características, não devem estar expostas a intempéries, necessitando de um acabamento impermeável em áreas externas. Suas propriedades de resistência mecânica, resistência a impactos e a boa estabilidade dimensional possibilitam seu uso estrutural como diafragma rígido quando aplicado aos painéis estruturais e lajes de piso.

As chapas de *drywall* constituem o fechamento vertical da face interna dos painéis estruturais e não estruturais que constituem o invólucro da edificação, e também o fechamento das divisórias internas. As chapas de gesso acartonado são vedações leves, pois não possuem função estrutural.

As chapas de *drywall* são fabricadas industrialmente e compostas de uma mistura de gesso, água e aditivos, revestidas em ambos os lados com lâminas de cartão, o que confere ao gesso resistência à tração e flexão. Esse sistema permite derivações e composições de acordo com as necessidades de resistência à umidade e ao fogo, isolamento acústico ou fixação em grandes vãos. As dimensões nominais e tolerâncias são especificadas por normas, e, de forma geral, as placas ou chapas são comercializadas com largura de 1,20 m e comprimentos que variam de 1,80 m a 3,60 m, de acordo com o fabricante, sendo as espessuras de 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm. No mercado nacional são oferecidos três tipos de placa: a Placa Standard (ST); a Placa Resistente à Umidade (RU); a Placa Resistente ao Fogo (RF).

8.2.1.3 Isolantes termo-acústicos

Os isolantes térmicos mais tradicionais no sistema para paredes, pisos ou coberturas são placas ou mantas de lã de vidro ou de rocha (Figura 48). Outros materiais podem ser empregados dependendo das características do sistema escolhido, porém sua condutividade térmica deve idealmente ser menor do que $0,06 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ (condutividade térmica máxima de um material considerado isolante) e resistência térmica $\geq 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.



Figura 48: Detalhe de isolamento de vedações em light steel framing (Fonte: Saint-Gobain)

Nem todo isolante térmico tem boas propriedades acústicas e vice-versa. Portanto o desempenho acústico da edificação deve ser objeto de análise adequada para se atingir os níveis desejados de transmissão de ruído. Influenciam no desempenho acústico o posicionamento e as características de cada elemento usado na composição global do elemento de vedação interior/exterior e suas interfaces.

8.2.1.4 Barreira impermeável

São elementos usados para auxiliar a estanqueidade ao ar e água da edificação e eventualmente proteger outros elementos de umidade e intempéries. São usados para “envolpar” a edificação, sendo correntemente tecidos, não tecidos, emulsões etc. impermeáveis à água, e podem ou não serem permeáveis ao vapor d’água, conforme as necessidades do projeto.

8.2.1.5 Impermeabilizantes

Produtos para impermeabilização, na forma de mantas pré-fabricadas ou membranas moldadas no local, ou ainda emulsões e pinturas aplicáveis, como nas construções tradicionais, nos pontos necessários para garantir a proteção e longevidade dos materiais empregados na edificação.

8.2.1.6 Subcoberturas

Conforme o projeto, em caso de necessidade, são perfeitamente aplicáveis as subcoberturas tradicionais de mercado, simples ou compostas, como barreiras adicionais de estanqueidade, refletivas ou não, simples ou compostas etc.

8.2.1.7 Telhas

Pode-se utilizar no sistema *steel framing* todos os tipos de telhas existentes e disponíveis no mercado – aço, cerâmica, fibrocimento, shingle, concreto, plásticas etc.

Deve-se dar preferência aos sistemas de coberturas de maior desempenho de estanqueidade, assegurando sua correta amarração e fixação, para se evitar infiltrações ao longo da vida da edificação, usualmente causadas por deslocamentos dos elementos de cobertura em razão de fortes ventos, chuvas etc.

8.2.2 Vantagens e benefícios do sistema *light steel framing*

Os principais benefícios e vantagens do uso do sistema em edificações são os seguintes:

- Os produtos que constituem o sistema, em particular o aço, vedações e isolantes são padronizados, de tecnologia avançada e produzidos industrialmente, sendo que a matéria-prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade;
- O aço é um material de comprovada resistência, e o alto controle de qualidade, tanto da produção da matéria-prima quanto de seus

produtos, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura;

- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio que são largamente produzidos pela indústria, assim como o restante dos materiais empregados na construção;
- Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas dos perfis;
- Durabilidade e longevidade dos elementos de vedação e isolamento, produzidos para atender às mais severas normas internacionais e nacionais, largamente testados e amplamente disponíveis e difundidos no mercado brasileiro;
- Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos;
- Construção a seco, o que minimiza o uso de recursos naturais e o desperdício;
- Os perfis de aço perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas;
- Altos níveis de desempenho termoacústico que podem ser alcançados através da combinação de materiais de vedação e isolamento;
- Facilidade na execução das ligações entre perfis;
- Rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem;
- O aço é um material incombustível e reciclável, podendo ser reciclado infinitas vezes sem perder suas propriedades;
- Grande flexibilidade no projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto.

8.2.3 Métodos de construção e montagem do sistema light steel framing

Os métodos de construção e montagem de edificações em LSF variam de acordo com o projetista e a empresa construtora. Quanto maior o nível de industrialização proposto pelo projeto, maior é a racionalização empregada no processo de construção, podendo-se atingir um patamar de alto grau de industrialização da construção civil, no qual as atividades no canteiro se resumem à montagem da edificação através do posicionamento das unidades e sua interligação.

De forma geral, existem 3 métodos para a construção de edificações em LSF:

1. Stick: os perfis são cortados no canteiro da obra. Painéis, lajes, coluna, contraventamentos e tesouras de telhado são montados no local. Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas. Os demais subsistemas são instalados posteriormente à montagem da estrutura. Esta técnica é usada quando a pré-fabricação não é viável (Figura 49).



Figura 49: Sistema stick (Fonte: Saint-Gobain)

2. Modular: é um processo altamente industrializado e caracteriza-se pelo uso de unidades modulares completamente pré-fabricadas que podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos prontos: revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas etc. As unidades podem ser estocadas lado a lado, ou uma sobre as outras já na forma da construção final. Esse método é vantajoso principalmente em obras maiores onde há grande repetição dos módulos.

3. Painéis: painéis estruturais ou não, lajes e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro ou no próprio local da obra. A confecção dos componentes é realizada em mesas especiais de trabalho

com a orientação dos projetos estruturais. Quanto maior a organização das atividades melhor a qualidade e precisão dos componentes. Oficinas externas, preparadas para a atividade, apresentam ambiente, equipamentos e organização muito mais apropriados. Contudo, é possível também estabelecer um local para a fabricação dos componentes na própria obra, porém isso vai depender da disponibilização de espaço e mão de obra qualificada. No Brasil, o método de construção por painéis é o mais amplamente utilizado, pois melhor se adaptou à cultura das empresas (Figura 50).



Figura 50: Sistema de painéis (Fonte: Construtora Micura)

8.2.4 Etapas da construção LSF no processo mais utilizado (método de painéis)

8.2.4.1 Fundação

Por ser muito leve, a estrutura de LSF e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções.

A escolha do tipo de fundação vai depender, além da topografia, do tipo de solo, do nível do lençol freático e da profundidade de solo firme. As fundações são efetuadas segundo o processo da construção convencional e como em qualquer outra construção deve-se observar o isolamento contra a umidade.

A qualidade final da fundação está intimamente ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que formam a construção. Assim, uma base corretamente nivelada e em esquadro possibilita maior precisão de montagem da estrutura e demais componentes do sistema.

A laje radier é a fundação mais comumente utilizada para construções em *light steel framing*. O radier é um tipo de fundação rasa que funciona como uma laje e transmite as cargas da estrutura uniformemente para o terreno. Os componentes estruturais fundamentais do radier são uma laje contínua de concreto, e eventuais reforços.

8.2.4.2 Fixação dos painéis à fundação

Para evitar o movimento da edificação por causa da pressão do vento, a superestrutura deve ser firmemente ancorada na fundação.

A escolha da ancoragem mais eficiente depende do tipo de fundação e das solicitações que ocorrem na estrutura. O tipo de ancoragem, suas dimensões e espaçamento são definidos segundo o cálculo estrutural. Os tipos mais utilizados de ancoragem são a química com barra roscada e a expansível com chumbadores tipo parabolts. A ligação entre a fundação e a estrutura é feita com suportes de ancoragem. Na base dos painéis, antes da montagem, deve ser fixada uma manta asfáltica, que, além de evitar o contato direto com a umidade do piso, minimiza as pontes térmicas e acústicas.

8.2.4.3 Painéis

O conceito estrutural do sistema *light steel framing* é dividir as cargas em um número maior de elementos estruturais, sendo que cada um é projetado para receber uma pequena parcela de carga, o que possibilita a utilização de perfis conformados com chapas finas de aço. A modulação ou malha de distribuição desses perfis, usualmente, é de 400 mm ou 600 mm. Tanto a disposição dos montantes dentro da estrutura dos painéis como suas características geométricas, de resistência e sistema de fixação entre as peças, faz que este esteja apto a absorver e transmitir cargas verticais e horizontais. Os elementos estruturais mais utilizados para garantir a estabilidade estrutural dos painéis e, consecutivamente da edificação do sistema, são as fitas e placas de contraventamento e as linhas de bloqueadores. Externamente, os painéis podem ser fechados com placas cimentícias ou OSB. Independentemente do acabamento final, as placas de OSB devem ser protegidas externamente da umidade e da água, com uma manta ou membrana não tecido, formando uma barreira impermeável à água. Essas membranas, apesar da não obrigatoriedade, podem ser

utilizadas em sistemas que usem placas cimentícias. Além dos materiais usados externamente, nas áreas internas também usualmente são usadas placas de gesso acartonado.

8.2.4.4 Isolamento térmico e acústico

Antes de se fechar o lado interno do painel, deve-se proceder à colocação do material de isolamento térmico e acústico. Hoje, com o avanço tecnológico dos produtos e processos de cálculo, consegue-se mensurar a real necessidade do isolamento e quantificar o material isolante necessário. Os materiais mais empregados são as mantas de lã de vidro ou de rocha.

8.2.4.5 Lajes

O conceito estrutural do sistema *light steel framing*, dividindo as cargas entre os perfis, também é utilizado para os elementos que suportam as lajes e coberturas. Seus elementos trabalham biapoiados e deverão, sempre que possível, transferir as cargas continuamente, ou seja, em elementos de transição até as fundações. Para o sistema, existem dois tipos distintos de laje, denominados de laje “seca” ou “úmida”. As lajes “secas” (Figura 51) podem ser compostas por painéis de madeira (OSB ou outros) ou placas cimentícias, apoiadas sobre perfis metálicos estruturais (vigas de entrepiso). Já as “úmidas” (Figura 52) são compostas por formas de aço (telhas galvanizadas) preenchidas com concreto e tela de reforço estrutural.



Figura 51: Laje Seca (Fonte: LP Brasil)



Figura 52: Laje Úmida (Fonte: CBCA)

8.2.4.5 Cobertura

A cobertura pode ser calculada para suportar qualquer tipo de telha. Assim como os demais painéis, deve ser contraventada e bloqueada para suportar as cargas de vento. Havendo possibilidade, projeta-se a cobertura de forma que suas cargas sigam diretamente até a fundação, através de montantes.

Ao contratar uma obra em LSF, o contratante deve prestar atenção principalmente aos seguintes aspectos:

- É importante ter um contrato detalhado com o escopo da obra, responsabilidades da montadora, especificações e critérios de desempenho esperado da edificação, cronograma de obras com prazos de execução de cada etapa, relação de normas técnicas e outros regulamentos a serem observados;
- A empresa montadora deverá manter um programa de garantia da qualidade para assegurar que seu trabalho esteja de acordo com as especificações das normas aplicáveis e com os Documentos Contratuais;
- A Montadora deverá possuir qualificação e capacidade de executar a montagem das Estruturas LSF, devendo para isso fornecer equipamento, pessoal e supervisão proporcionais ao escopo, magnitude e qualidade exigíveis para cada obra;
- Os produtos e materiais utilizados devem satisfazer aos requisitos estabelecidos no contrato;
- Deve ser exigido da montadora um projeto detalhado, e a memória do cálculo estrutural, deve ser realizado por profissional habilitado e, no caso de estruturas maiores e mais complexas, deve-se exigir também um plano detalhado de montagem;
- A elaboração do projeto executivo deve estar atrelada à compatibilização do projeto estrutural com o arquitetônico. Posteriormente, deve-se compatibilizar esses projetos com o de instalações, identificando, analisando e solucionando as interferências;
- Elaborar projetos de vedações internas e externas atendendo ao projeto estrutural, já que é na estrutura que os componentes são fixados, compatibilizando-os e integrando-os com os outros subsistemas. A paginação dos componentes de fechamento deve otimizar a modulação vertical e horizontal;
- Especificar e detalhar o tipo de juntas de união (aparente ou invisível) de dessolidarização e movimentação das placas de

fechamento, incorporando sempre que necessário esses detalhes ao projeto de arquitetura;

- Identificar e solucionar a interferência de pontos hidráulicos de pias, vasos sanitários, chuveiros, tanques e outros com a posição dos elementos estruturais, principalmente contraventamentos e montantes;
- Especificar e detalhar o tipo de impermeabilização e revestimento de áreas molháveis e molhadas e o uso de materiais como piso box e outros;
- Detalhar a interface painéis/esquadrias, caracterizando o tipo de material (alumínio, madeira, aço, PVC etc.), o modo de fixação, componentes de proteção dessas aberturas tais como peitoris, pingadeiras e alisares. Cuidados especiais devem ser tomados quando as Diretrizes de Projeto usam materiais metálicos como o alumínio, para isolar as esquadrias da estrutura, evitando dessa forma os pares galvânicos;
- Dar preferência aos detalhes padronizados, que têm desempenho comprovado. Isso deve ser aplicado tanto ao detalhamento do projeto arquitetônico quanto ao projeto estrutural;
- Definir projeto elétrico e luminotécnico para evitar interferência com a estrutura, como vigas de piso e montantes.

8.2.5 Principais documentos a serem referenciados no steel framing

1. Manual da Construção Metálica – steel framing arquitetura – CBCA;
2. Execução de Estruturas de Aço – Práticas recomendadas – ABCEM/CBCA/ABECE;
3. NBR 14762 Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento;
4. NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: Requisitos gerais;
5. Diretriz SiNAT 003 rev 1 – Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo *light steel framing*);
6. DATec 14a – Sistema construtivo a seco saint-Goban – *light steel framing*;
7. DATec 15 – Sistema construtivo LP Brasil OSB com fechamento em chapas de OSB revestidas com siding vinílico;
8. DATec 16 – Sistema construtivo LP Brasil OSB com fechamento em SmartSide panel.

8.3 Sistemas construtivos industrializados em *drywall*

O sistema de construção industrializada *drywall*, utilizado nas vedações internas de qualquer tipo de edificação, incluindo paredes não estruturais, forros e revestimentos, e também na montagem de mobiliário fixo como estantes e balcões de recepção, entre outras possibilidades, tem 120 anos de história. Surgiu nos Estados Unidos em 1894, quando Augustine Sackett e Fred Kane inventaram as chapas para esse sistema, compostas por massa de gesso prensada entre duas folhas de cartão. Naquela época buscava-se um material que pudesse proteger as estruturas de madeira nas construções, minimizando os efeitos dos incêndios que grassavam no país destruindo boa parte de cidades como Chicago, Boston, São Francisco, entre outras. Sua resistência ao fogo se deve ao miolo de gesso cuja fórmula química é $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ onde as duas moléculas de água representam 20% do peso. Sob a ação do fogo essa água é liberada sob a forma de vapor retardando os efeitos do fogo. Com o advento dos edifícios altos (a partir dos anos 1930), o *drywall* passa a ser utilizado como vedação interna com estruturas de perfis de aço também nesses prédios. A partir daí a tecnologia se difundiu pelo mundo, sendo utilizada em construções residenciais e não residenciais.

O sistema *drywall* chegou ao Brasil em 1970, por iniciativa do médico Dr. Roberto Campos Guimarães, ao fundar em Petrolina (PE) a Gypsum do Nordeste. Foi a primeira fábrica de chapas de gesso para *drywall* instalada no país. Os resultados alcançados foram positivos, mas modestos em termos quantitativos, levando a empresa a enfrentar dificuldades. Estas foram solucionadas em 1995, quando foi adquirida pela Lafarge Gypsum, do grupo francês Lafarge. Logo depois, foram fundadas a BPB Placo (joint-venture anglo-chilena) e a Knauf do Brasil (do grupo alemão Knauf).

No ano 2000, estavam em operação no país três fábricas de chapas e outros componentes para a tecnologia *drywall*: além da unidade da Lafarge Gypsum, havia a da BPB Placo em Mogi das Cruzes (SP) e a da Knauf em Queimados (RJ). Nos primeiros anos do século XXI, a BPB Placo passou ao controle do grupo francês Saint-Gobain, e a Lafarge Gypsum foi adquirida pelo grupo belga Etex. Em 2010, foi inaugurada a primeira fábrica do segmento com capital nacional, a Trevo do Nordeste, instalada em Juazeiro do Norte (CE). E, em 2014, a Knauf e a Placo inauguraram duas novas fábricas de chapas, respectivamente em Camaçari e Feira de Santana na Bahia.

8.3.1 Utilização do sistema *drywall*

O *drywall* é um sistema construtivo utilizado como vedação na parte interna das construções sem função estrutural. Pode ser aplicado em construções residenciais e não residenciais como: paredes, forros e revestimentos.

8.3.2 Materiais componentes do sistema *drywall*

8.3.2.1 Perfis de aço

Os perfis de aço para *drywall* são fabricados a partir de tiras cortadas de bobinas de aço de alta resistência (ZAR), com limite de escoamento não inferior a 230 MPa e espessura mínima de 0,50mm, revestida com zinco pelo processo contínuo de imersão a quente, com massa mínima de zinco classe Z275 g/m² e passam por perfilagem em conjunto de roletes garantindo a precisão das dimensões (Figura 53).

O revestimento Z275 exerce a proteção galvânica do zinco que se sacrifica evitando a corrosão do aço ao longo dos perfis e principalmente nas áreas de corte, mesmo em regiões litorâneas ou em áreas industriais de alta agressividade.

Os montantes têm furação com dimensões e espaçamentos padronizados para passagem de instalações pelo interior das paredes. Caso haja a necessidade de furos extras em outras posições ao longo dos montantes, eles podem ser executados desde que feitos com serra copo, mantendo as dimensões da furação original, centralizados na largura dos montantes.



Figura 53: Perfis de aço

8.3.2.2 Chapas de gesso

As chapas de gesso para *drywall* são constituídas de um miolo de gesso encontrado na natureza, como o mineral gipsita (pedra) cuja fórmula química é $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, revestido em ambos os lados por lâminas de cartão duplex especialmente desenvolvido para *drywall* a partir de papel e papelão reciclados que conferem resistência mecânica e propiciam excelente acabamento.

Quando parafusadas na estrutura de aço, as chapas de gesso fazem o fechamento e complementam a estruturação. Quanto maior a espessura e o número de chapas maior a resistência mecânica do conjunto.

Os tipos de chapa são ST chapa Standard para utilização geral, RU chapa resistente à umidade com coloração verde para utilização em áreas molhadas e RF chapa resistente ao fogo utilizadas em rotas de fuga e em áreas que demandem alta resistência ao fogo (Figura 54).

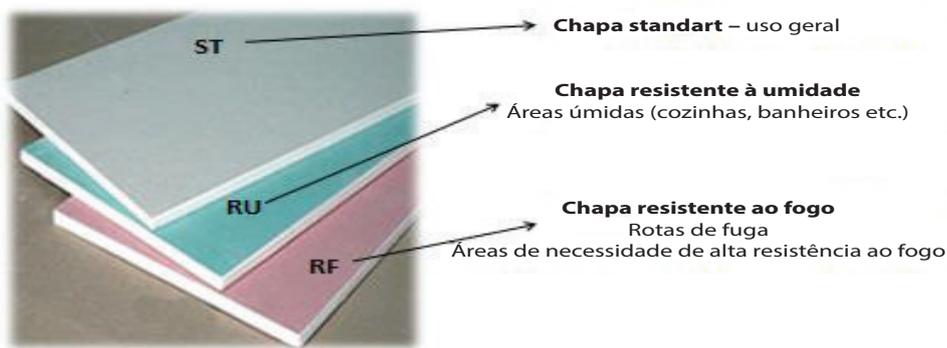


Figura 54: Chapas de gesso

8.3.2.3 Parafusos

Os parafusos utilizados para fixação dos perfis entre si e fixação das chapas na estrutura são específicos para *drywall*: autoperfurantes e auto-atarrachantes com acabamento de proteção a corrosão, zincados e fosfatizados, respectivamente.

O parafusamento adequado é fundamental para garantir a rigidez, a estabilidade e o bom desempenho diante dos esforços a que o sistema será submetido.

8.2.3.4 Tratamento de juntas

O tratamento das juntas entre as chapas e o tratamento no encontro com as alvenarias e os tetos são feitos com fita e massa próprias para *drywall*, que, além de propiciarem acabamento a essas regiões, complementam a rigidez do sistema evitando trincas.

8.2.3.5 Lã de vidro

Lã de vidro utilizada para melhorar o desempenho acústico e térmico dos sistemas construtivos *drywall* (Figura 55).



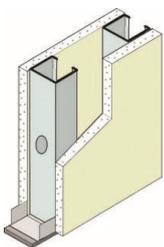
Figura 55: Lã de vidro

8.3.3 PSQ do drywall

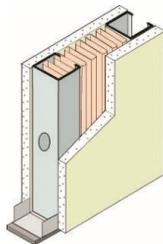
O Programa Setorial da Qualidade do Drywall está vinculado ao PBQP-H do Ministério das Cidades. Avalia a conformidade de todos os componentes do sistema *drywall* de acordo com as Normas Técnicas Brasileiras. A lista de conformes e não conformes é renovada trimestralmente.

8.3.4 Sistema de paredes

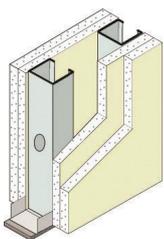
Sistemas de vedação vertical não estrutural constituídas de chapas de gesso para *drywall* com 1.200 mm de largura parafusada em estruturas de aço galvanizado (Figura 56).



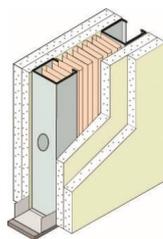
Perspectiva de parede drywall com uma chapa de cada lado



Perspectiva de parede drywall com uma chapa de cada lado com lã isolante



Perspectiva de parede drywall com duas chapas de cada lado



Perspectiva de parede drywall com duas chapas de cada lado com lã isolante

Figura 56: Sistemas de vedação vertical

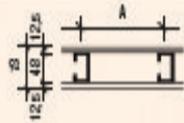
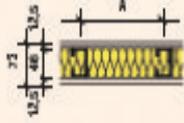
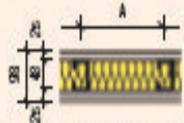
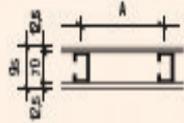
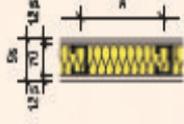
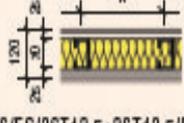
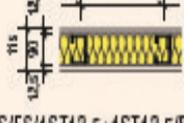
Corte da parede e designação	A – Distância entre montantes (mm)		Quantidade de chapas	Espessura das chapas (mm)	Isolamento acústico R_w (dB)		Resistência ao fogo (minutos)		Peso da parede (kg/m ²)	
	Altura limite da parede (m)				Isolantes		Chapas			
	Montantes				Sem	Com	ST ou RU	RF		
	Simples	Duplo								
 73/48/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR	600	2,50	2,90	2	12,5	36dB	-	CF 30	CF 30	22
	400	2,70	3,25							
 73/48/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	2,50	2,90	2	12,5	-	44dB	CF 30	CF 30	23
	400	2,70	3,25							
 98/48/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,50	4	12,5	-	50dB	CF 60	CF 90	43
	400	3,20	3,80							
 95/70/A/MS/ES/1S112,5+1S112,5/BR	600	3,00	3,60	2	12,5	38dB	-	CF 30	CF 30	22
	400	3,30	4,05							
 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,00	3,60	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	23
	400	3,30	4,05							
 120/70/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	3,70	4,40	4	12,5	-	51dB	CF 60	CF 90	43
	400	4,10	4,80							
 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	-	45dB	CF 30	CF 30	23
	400	3,85	4,60							
 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	-	61dB	CF 60	CF 90	45
	400	3,20	3,70							

Figura 57: Paredes drywall mais comuns e seus desempenhos: estrutural, acústico e resistência ao fogo.

Para construções habitacionais, a NBR 15575 estabelece níveis de exigência de desempenho acústico, resistência ao fogo, durabilidade etc., que são os parâmetros para definição da configuração da parede (Figura 57). A Associação Drywall possui relatório com os devidos laudos de comprovação de atendimento às exigências da Norma de Desempenho NBM 15.575 (TR 19A, TR20A) e, caso necessário, disponibiliza esse relatório mediante solicitação formal.

8.3.5 Sistema de forros

8.3.5.1 Forro estruturado

Forro fixo e monolítico, constituído pelo parafusamento de uma ou mais chapas de gesso para *drywall*, com 1.200 mm de largura, fixadas em estruturas de aço galvanizado suspenso por pendurais, compostos por suportes niveladores associados a tirantes de aço galvanizado (Figura 58).



Figura 58: Forro estruturado

8.3.5.2 Forro aramado ou forro de H

Forro fixo e monolítico constituído pela justaposição de chapas de gesso de 600 mm de largura, utilizando dispositivo de aço galvanizado tipo H para união das chapas, suspenso por arame de aço galvanizado (Figuras 59 e 60).

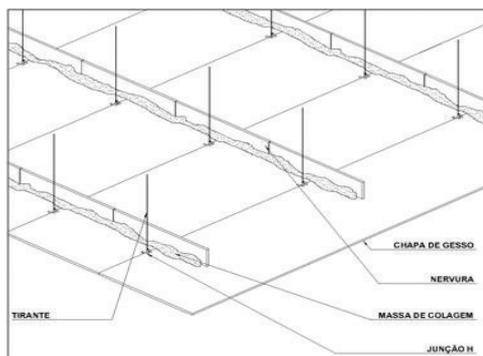


Figura 59: Forro aramado

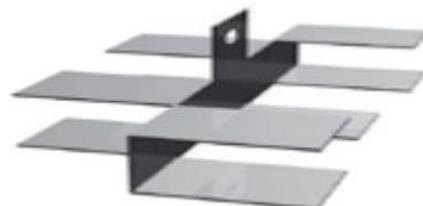


Figura 60: Junção H

8.3.6 Sistema de revestimentos

8.3.6.1 Revestimento estruturado

Revestimento constituído de chapas de gesso para *drywall* com 1.200 mm de largura parafusadas em um dos lados de uma estrutura de perfis de aço galvanizado, montada paralelamente ao elemento a ser revestido (Figura 61).



Figura 61: Revestimento estruturado

8.3.6.2 Revestimento colado

Revestimento constituído de chapas de gesso com 1.200 mm de largura, coladas com massa para colagem diretamente no elemento a ser revestido (Figura 62).



Figura 62: Revestimento colado

8.3.7 Itens para contratação

Para melhor aproveitamento das características dos sistemas *drywall*, deve-se primeiramente projetar, especificar, detalhar e quantificar o sistema a ser contratado.

Dessa forma, a maneira correta é contratar inicialmente um projetista de *drywall* fornecendo-lhe as informações das características e desempenho desejados.

Para a execução dos serviços, pode-se contratar a montagem e fornecimento de materiais em conjunto ou separadamente.

Nota 1: os serviços e materiais mencionados anteriormente devem obedecer às normas dos sistemas *drywall*, bem como às demais normas da construção civil brasileira.

Nota 2: a durabilidade e desempenho dos sistemas *drywall* são parametrizados e garantidos pelo projeto e montagem de acordo com as normas e a qualidade dos componentes seguindo-se o programa setorial da qualidade (PSQ-Drywall). Garantias adicionais devem ser negociadas com o fornecedor.

8.3.8 Normas ABNT NBR do drywall

ABNT NBR 14.715-1: 2010 Chapas de gesso para *drywall*. Parte 1: Requisitos

ABNT NBR 14.715-2: 2010 Chapas de gesso para *drywall*. Parte 2: Métodos de ensaio

ABNT NBR 15.217: 2009 Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – Requisitos e métodos de ensaio

ABNT NBR 15.758-1: 2009 Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall*: Projeto e procedimentos executivos para montagem. Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes

ABNT NBR 15.758-2: 2009 Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall*: Projeto e procedimentos executivos para montagem. Parte 2: Requisitos para sistemas usados como forros

8.4 Sistemas construtivos industrializados em concreto

Remontando à história da pré-fabricação no Brasil, a primeira grande obra que utilizou elementos pré-fabricados foi o Hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro em 1926, nas fundações e no muro que contorna o perímetro da área reservada do hipódromo. Essa obra foi executada pela empresa dinamarquesa Christiani Nielsen através de sua sucursal brasileira (VASCONCELOS, 2002). Somente no final da década de 1950 é que as obras pré-moldadas começaram a aparecer com maior frequência. Vasconcelos (2002) ainda relata que o concreto pré-moldado em canteiro foi utilizado em 1952, na obra do Cortume Franco Brasileiro, pela Construtora Mauá, especializada em construções industriais. Outro importante marco foi em 1962, quando foram utilizadas placas pré-moldadas e vigas pré-moldadas protendidas nos prédios de escritórios e almoxarifados, do Setor Norte do Campus da Universidade de Brasília, projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer. O processo de fabricação dos elementos pré-moldados em canteiro foi filmado nessa obra, o que constitui um importante documentário sobre o tema. Nos anos 1970, com o início do chamado “Milagre Brasileiro”, o Brasil era considerado o país do futuro, e o investimento em tecnologia possibilitou que fossem ampliadas as possibilidades de obras em concreto pré-moldado.

Assim, efetivamente no início dos anos 1980 é que a pré-fabricação começa a ter maior visibilidade, na execução de obras industriais e especialmente em obras de empresas multinacionais que já vinham adotando esse sistema construtivo para suas obras fora do Brasil, pois já traziam o conceito



ABCEM
Associação Brasileira da
Construção Metálica

Abcic
Associação Brasileira da Construção
Industrializada de Concreto

ABRAMAT

ANICER
ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA

CAIXA

CBCA
Centro Brasileiro da Construção em Aço

CBIC

DRYWALL
Associação Brasileira do Drywall

FIESP

ABDI
Agência Brasileira de
Desenvolvimento Industrial

Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA