MANUAL DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

Conceitos e Etapas

Volume 1: Estrutura e Vedação

ABDI
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.

GT – Construção Industrializada

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
Claudionel Campos Leite (Coordenador do GT) e Willian Cecílio de Souza

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Marcos Otávio Bezerra Prates e Talita Tormin Saito

ABRAMAT – Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
Laura Marcellini, Paulo Rico Perez e Francieli Lucchette

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção
Raquel Sad Seiberlich Ribeiro e Luis Fernando Melo Mendes

DECONCIC/Fiesp – Departamento da Indústria da Construção – FIESP
Mário William Esper

ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
Íria Lícia Oliva Doniak e Guilherme Correia Lima

ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica
Ronaldo do Carmo Soares

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica
Luís Lima e Bruno Frasson

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço
Instituto Aço Brasil
Carolina Fonseca e Débora Oliveira

DRYWALL – Associação Brasileira do DRYWALL
Carlos Roberto de Luca e Luiz Antônio Martins Filho

CAIXA – Caixa Econômica Federal
Ronaldo Rodrigues Carvalho

CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
Cassiano Quevedo Rosas de Ávila

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 Informações Gerais 47
2.1.1.2 Análise preliminar dos aspectos técnico-econômicos dos componentes, elementos ou sistema construtivo 49
2.1.1.3 Análise preliminar dos aspectos de desempenho ambiental dos componentes, elementos ou sistema 49
2.1.2 Comprovação de desempenho dos componentes, elementos e sistemas 50
2.1.2.1 Análise do desempenho técnico dos componentes e elementos 50
2.1.2.2 Desempenho em uso de sistemas construtivos para edificações habitacionais 52
2.1.3 Garantia e prazo de garantia 54
2.1.3.1 Garantias 54
2.1.3.2 Prazo de garantia 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 Escopo 67
3.1.3.2 Cronograma de fabricação e execução 67
3.1.3.3 Preço e formas de pagamento 67
3.1.3.4 Requisitos de qualidade 68
3.1.3.5 Referência à forma de fiscalização e recebimento 68
3.1.4 Definição das responsabilidades na contratação de sistemas industrializados 68
3.1.4.1 Do contratante 68
3.1.4.2 Da contratada 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 Ligações 109
8.1.1.2 Vedações 111
8.1.2 Construção em aço e seus produtos – tipologias 113
8.1.2.1 Aços estruturais 113
8.1.2.2 Chapas – grossas e finas: a quente e revestidas 114
8.1.2.3 Perfis – soldados, laminados, formados a frio e tubos sem costura e com costura 115
8.1.2.4 Tubos 117
8.1.2.5 Parafusos 117
8.1.2.6 Telhas de aço para coberturas e fechamentos 118
8.1.2.7 Steel-deck 120
8.1.2.8 Estacas metálicas 120
8.1.3 Estruturas mistas 121
8.1.4 Tratamento contra a corrosão 123
8.1.4.1 Galvanização × pintura 124
8.1.5 Resistência ao fogo 125

8.1.6 Execução e montagem das estruturas de aço 127
8.1.6.1 Transporte eficiente 128
8.1.6.2 Operação segura 129
8.1.7 Normas Técnicas do aço 129
8.2 Sistema construtivo em *light steel framing* 130
8.2.1 Principais componentes do sistema *light steel framing* 132
8.2.1.1 Perfis de aço 132
8.2.1.2 Vedações externas e internas 132
8.2.1.3 Isolantes termo acústicos 135
8.2.1.4 Barreira impermeável 135
8.2.1.5 Impermeabilizantes 136
8.2.1.6 Subcoberturas 136
8.2.1.7 Telhas 136
8.2.2 Vantagens e benefícios do sistema *light steel framing* 136
8.2.3 Métodos de construção e montagem do sistema *light steel framing* 137
8.2.4 Etapas da construção LSF no processo mais utilizado (método de painéis) 139
8.2.4.1 Fundação 139
8.2.4.2 Fixação dos painéis à fundação 140
8.2.4.3 Painéis 140
8.2.4.4 Isolamento térmico e acústico 141
8.2.4.5 Lajes 141
8.2.4.5 Cobertura 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 Chapas de gesso 146
8.3.2.3 Parafusos 147
8.2.3.4 Tratamento de juntas 147
8.2.3.5 Lã de vidro 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 Forro estruturado 151
8.3.5.2 Forro aramado ou forro de H 152
8.3.6 Sistema de revestimentos 152
8.3.6.1 Revestimento estruturado 152
8.3.6.2 Revestimento colado 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 Sistemas aporticados 157
8.4.1.2 Sistema esqueleto 157
8.4.1.3 Painéis portantes 162
8.4.1.4 Sistemas estruturais para pisos 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	Fedération Internationale du Beton (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

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 (*checklist*): Informações gerais dos componentes, elementos e sistema 48

Quadro 2 (*checklist*): Informações para a análise preliminar dos aspectos técnico-econômicos dos componentes, elementos ou sistema 49

Quadro 3 (*checklist*): Informações para a análise preliminar dos aspectos de desempenho ambiental dos componentes, elementos ou sistemas 50

Quadro 4 (*checklist*): Aspectos de desempenho técnico de componentes e elementos 52

Quadro 5: Exemplo de prazos de garantia para componentes, elementos ou sistemas construtivos de edificações habitacionais segundo prazos sugeridos na ABNT NBR 15575 (2013) 53

Quadro 6: Informações sobre os responsáveis técnicos no projeto e execução de edificações 55

Quadro 7: Exemplo de roteiro de manutenção preventiva de sistemas, elementos, componentes e instalações 56

Quadro 8: Declaração de compromisso de contratação de entidade habilitada para efetuar o monitoramento da obra 57

Quadro 9: Declaração de compromisso de contratação de entidade habilitada para realização da avaliação técnica em uso do sistema construtivo 58

Quadro 10 (*checklist*): Informações referentes ao controle do fluxo de caixa 61

Quadro 11: (*checklist*): Informações para a contratação de sistemas construtivos industrializados 78

Quadro 12 (*checklist*): Informações para a contratação de sistemas construtivos industrializados para obras públicas 79

Quadro 13 (*checklist*): Informações de projeto para nortear a contratação de sistemas construtivos industrializados 83

Quadro 14 (*checklist*): Requisitos do projeto do produto industrializado 89

Quadro 15: Ficha de coleta de informações para inspeção de materiais 90

Quadro 16 (*checklist*): Informações sobre o controle da qualidade na fábrica 92

Quadro 17 (*checklist*): Informações sobre o sistema de gestão da qualidade da contratada referente à conformidade do processo na fábrica 93

Quadro 18: Termos de responsabilidade do cumprimento de prazo conforme estipulado em contrato para produção dos componentes e elementos industrializados 95

Quadro 19: Características dos elementos de laje segundo a fib 166

Quadro 20: Condições e limitações de uso. Fonte: Adaptado de PBQP-H, 2014. 192

Quadro 21: Resumo – estruturas para construção civil (painéis estruturais autoportantes) 193

Quadro 22: Resumo – estruturas para construção civil (painéis estruturais autoportantes) 194

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Painéis de vedação pré-fabricados de concreto 31
Figura 2: Escada pré-fabricada de concreto 31
Figura 3: Habitação Unifamiliar – Sistema construtivo em *light steel framing* 32
Figura 4: Sistema construtivo em pré-fabricados em concreto aplicados no segmento habitacional 32
Figuras 5: Arena de Handebol estruturada em aço (Parque Olímpico – Rio de Janeiro, Olimpíadas 2016) 34
Figura 6: Velódromo (Parque Olímpico – Rio de Janeiro, Olimpíada 2016) 34
Figura 7: Etapas do processo construtivo industrializado 41
Figura 8: Etapas do processo de contratação no setor privado 64
Figura 9: Etapas do processo de contratação para obras públicas 64
Figura 10: Ironbridge 104
Figura 11: Ponte Paraíba do Sul 105
Figura 12: Home Insurance Building 105
Figura 13: Anexo do Congresso Nacional 106
Figura 14: Centro Empresarial Senado 106
Figura 15: WTorre Morumbi 107
Figura 16: Grandes vãos – Arena Castelão 107
Figura 17: Fluxo de produção de estruturas de aço 109
Figura 18: Exemplos de ligação 110
Figura 19: Ligações aparafusadas 111
Figura 20: Aços especificados por Normas Brasileiras para uso estrutural - ABNT NBR 8800 2008, p.108 114
Figura 21: Exemplos de perfis soldados 115
Figura 22: Processo de laminação; pode-se observar o esboço do perfil 116
Figura 23: Dobradeira de perfis a frio 116
Figura 24: Perfis tubulares sem costura 117
Figura 25: Exemplo de tubo com costura 117
Figura 26: Exemplo de telha ondulada 119
Figura 27: Exemplo de telha trapezoidal 119
Figura 28: Exemplo de telha trapezoidal termoacústica 119
Figura 29: Telha zipada 119
Figura 30: Steel deck aplicado na obra 120
Figura 31: Exemplos de pilares mistos 122
Figura 32: Exemplo de laje mista sobre viga metálica – “Steel deck” 122
Figura 33: Vista de fachada com os pilares mistos em processo de concretagem 122
Figura 34: Exemplos de medidas de controle da corrosão através do detalhamento do projeto 123
Figura 35: Aplicação de tinta com pistola sobre a estrutura 124
Figura 36: Tanque de imersão da peça de aço para zincagem 125
Figura 37: Montagem da estrutura de aço 127
Figura 38: Embarque de estruturas de aço em caminhão 128
Figura 39: Habitação Unifamiliar Minha Casa Minha Vida – Paraná 131
Figura 40: Habitação Unifamiliar 131
Figura 41: Edifício Educacional multi-pavimentos. Fachada em *light steel framing* 131

Figura 42: Vedação com Placas Cimentícias – MCMV – Paraná 133
Figura 43: Vedação com Placas Cimentícias – MCMV – Paraná 133
Figura 44: Vedação com Placas OSB e Siding 133
Figura 45: Fachada em *light steel framing* com vedação em Placas Cimentícias 133
Figura 46: Fachada em *light steel framing* com vedação em Placas Cimentícias 133
Figura 47: Fachada em *light steel framing* com vedação em Placas Cimentícias 133
Figura 48: Detalhe de isolamento de vedações em *light steel framing* 135
Figura 49: Sistema stick 138
Figura 50: Sistema de painéis 139
Figura 51: Laje seca 141
Figura 52: Laje úmida 141
Figura 53: Perfis de aço 146
Figura 54: Chapas de gesso 147
Figura 55: Lã de vidro 148
Figura 56: Sistemas de vedação vertical 149
Figura 57: Paredes *drywall* mais comuns e seus desempenhos: estrutural, acústico e resistência ao fogo 150
Figura 58: Forro estruturado 151
Figura 59: Forro aramado 152
Figura 60: Junção H 152
Figura 61: Revestimento estruturado 152
Figura 62: Revestimento colado 153
Figura 63: Estádio Arena Fonte Nova durante a montagem da estrutura pré-moldada 155
Figura 64: Exemplo de estrutura pré-moldada aporticada 157
Figura 65: Shopping em Jaraguá do Sul (SC) em ampliação com tore que abrigará um hotel (exemplo de estrutura em esqueleto) 157
Figura 66: Sistema estrutural em esqueleto com núcleo rígido (central) 158
Figura 67: Seções transversais utilizadas em pilares pré-moldados 159
Figura 68: Características e elementos acessórios dos pilares de seção quadrada e retangular empregados no Brasil 159
Figura 69: Seções típicas de vigas pré-moldadas de concreto 160
Figura 70: Sobrecarga × vão livre para vigas de seção tipo I com as relações b × h mais comuns empregadas no Brasil 161
Figura 71: Obra do Edifício Comercial Terra Firme em São José (SC), com 14 pavimentos em sistema híbrido 162
Figura 72: Empreendimento Pátio Dom Luís em Fortaleza (CE), composta de vigas e lajes pré-fabricadas protendidas e pilares moldados no local e torres de 20 e 24 pavimentos 162
Figura 73: Obra da Universidade Universo em Recife (PE) – 12 pavimentos em estrutura pré-fabricada 162
Figura 74: Sistema estrutural composto por painéis portantes 163
Figura 75: Sistema estrutural com painéis portantes e lajes alveolares protendidas 163
Figura 76: Montagem de painéis em edifício residencial – Condomínio Piemonte, em 2008 – Belo Horizonte (MG) 164
Figura 77: Edifício San Paolo – São Paulo (SP): (a) Fachada com elementos e painéis pré-fabricados arquitetônicos; (b) Elemento arquitetônico pré-fabricado que compõe o arco na entrada. 167
Figura 78: Esquema de construção com sistema celular 168
Figura 79: Fábrica de estruturas pré-fabricadas de concreto, com cobertura em telhas W com domos, em produção das telhas W (pistas) 169
Figura 80: Cobertura com telhas metálicas para vãos menores. 169

Figura 81: Situações transitórias de projeto e fabricação – manuseio e içamento de viga pré-fabricada 170
Figura 82: Situações transitórias: armazenamento de lajes alveolares pré-fabricadas. 170
Figura 83: Situações transitórias – içamento de pilares pré-fabricados durante a montagem. 171
Figura 84: Esquema de ligações típicas de estruturas pré-fabricadas 172
Figura 85: Shopping Rio Mar Recife 175
Figura 86: Complexo do Itaguaí no estado do Rio de Janeiro, composto por uma ponte ferroviária, uma ponte e dois viadutos rodoviários, todos em estrutura pré-fabricada de concreto 175
Figura 87: Terminal rodoviário urbano de integração do BRT de Belo Horizonte, em estrutura híbrida, pilares pré-fabricados de concreto e cobertura metálica 176
Figura 88: Perspectiva dos subsistemas que compõem a edificação construída no Sistema Plataforma 177
Figura 89: Diretriz SiNAT 005 e DATec 020 178
Figura 90: Painel multicamadas no sistema wood frame 181
Figura 91: Vista de uma habitação de alto padrão executada em wood frame no Brasil 182
Figura 92: Linha automatizada de produção de painéis wood frame em Araucária (PR) 183
Figura 93: Residencial Haragano, Pelotas (RS) 184
Figura 94: Escola entregue para a prefeitura de Pelotas (RS) 185
Figura 95: Uso de MLC aparente no Núcleo Senai de Sustentabilidade, Curitiba/Paraná 185
Figura 96: Nucleo Senai de Sustentabilidade – construído em wood frame e ganhador do prêmio RCE Awards/Unesco na categoria Comunity Mobilising Local Innovations for Sustainable Development 185
Figura 97: Habitação de alto padrão em Curitiba (PR) com geração própria de energia 186
Figura 98: Edificações multifamiliares em wood frame na América do Norte 187
Figura 99: Processo de fabricação no canteiro de obras 188
Figura 100: Modulação dos blocos cerâmicos com esquadria para concretagem 188
Figura 101: Primeira habitação experimental utilizando o painel cerâmico, na Unicamp, em 1986 190

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 Brasil[1], 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. Consequentemente, 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 canteiro[2]; 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/m^2), 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.

PARTE 1

CONCEITOS

1. Conceitos

Para o melhor entendimento deste Manual da Construção Industrializada, é necessária a apresentação de alguns conceitos que são utilizados ao longo do texto, referentes aos sistemas construtivos, por exemplo: componente, elemento, sistema construtivo, projeto e processo construtivo. Além disso, são também conceituados industrialização, racionalização, modulação e outros termos referentes ao contexto do manual.

A ABNT NBR 15575 (2013) define, para o componente, o elemento e o sistema, os seguintes conceitos:

- Componente – unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas (exemplo: bloco cerâmico ou de concreto, telha, folha de porta etc.);
- Elemento – parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes. Exemplos: vedação de blocos, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura. Figuras 1 e 2:

Figura 1: Painéis de vedação pré-fabricados de concreto (Fonte: ABCIC)

Figura 2: Escada pré-fabricada de concreto (Fonte: ABCIC)

- Sistema construtivo – a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que a define. Exemplos: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura. Figuras 3 e 4.

Projeto, segundo a ABNT NBR 13531 (2000) é o conjunto de instruções construtivas definidas e articuladas em conformidade com os princípios e técnicas específicas da arquitetura e da engenharia para,

ao integrar a edificação, desempenhar determinadas funções em níveis adequados.

Figura 3: Habitação Unifamiliar – Sistema construtivo em light steel framing *(Font: Saint-Goban)*

Figura 4: Sistema construtivo em pré-fabricados em concreto aplicados no segmento habitacional (Font: ABCIC)

De maneira geral, o processo pode ser considerado como o resultado obtido por meio de um potencial ou de uma ação transformadora (Maranhão; Macieira, 2008). Aplicado à edificação, pode-se afirmar que o Processo Construtivo é formado por entradas ou insumos (materiais, componentes, energia, água, mão de obra e equipamentos), processos de transformação (mais ou menos elaborados – equipamentos manuais ou mecânicos, ou tecnologias mais ou menos avançadas ou industrializadas) de acordo com um projeto e planejamento. Esse processo (insumos e atividades de transformação), atendendo a um projeto específico, é inerente a cada tipo de edificação. Como saídas ou resultados, tem-se o produto/edificação. Meseguer (1990) afirma que o processo construtivo é constituído por planejamento, projeto, materiais, construção (execução) e manutenção; o início do processo se dá devido ao atendimento da necessidade do usuário em relação à edificação.

Os processos construtivos podem ser classificados como: tradicional (uso de técnicas artesanais), convencional (caracterizado por tecnologias normalmente utilizadas no mercado, com maior tempo de execução), racionalizado (caracterizado pela melhoria gradativa dos processos convencionais) e industrializado ou pré-fabricado.

Na ABNT NBR 9062 são apresentados os conceitos de pré-fabricado e de pré-moldado:

- Elemento pré-fabricado – é em geral executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para esse fim que atende aos requisitos mínimos de mão de obra qualificada (a matéria-prima deve ser

ensaiada e testada quando no recebimento pela empresa e previamente à sua utilização).

- Elemento pré-moldado – é executado fora do local de uso definitivo, com menor rigor nos padrões de controle de qualidade (os componentes podem ser inspecionados individualmente ou em lotes, por inspetores ou empresas especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações próprias necessárias ao controle de qualidade).

Ribeiro (2002) afirma que quando o produto é único e realizado em um processo específico, não repetitivo, não se tem condições de aplicar séries de produção, mas a mecanização e outros instrumentos de industrialização são válidos (pré-fabricação).

Linner e Bock (2012) afirmam que a industrialização, no setor da construção civil se deu a partir do deslocamento dos processos convencionais para a fábrica, combinado com elementos da produção seriada por meio da pré-fabricação de componentes.

A industrialização representa o mais elevado estágio de racionalização dos processos construtivos e, independente da origem de seu material, está associada à produção dos componentes em ambiente industrial e, posteriormente, montados nos canteiros de obras, assemelhando-se às montadoras de veículos, possibilitando melhores condições de controle e a adoção de novas tecnologias.

No Brasil, as primeiras aplicações de pré-fabricação ou industrialização na construção civil se deram com o uso do concreto armado e da estrutura metálica (aço) seguidas de chapas de gesso acartonado com montante metálico para vedações do tipo *drywall*, entre outras. Também pode ser citado o banheiro pronto, que consiste em uma célula acabada cuja operação no canteiro é apenas a sua colocação na laje preparada para recebê-lo. Mais recentemente, observou-se no Brasil a intensificação do uso de estruturas industrializadas para os complexos esportivos (Copa 2014 e Olimpíadas 2016) bem como em obras de infraestrutura e, em especial, nos aeroportos (Figura 5 e 6).

Ainda no âmbito da compreensão dos conceitos deste Manual, entende-se por processo industrializado um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva (Sabatini, 1989).

Figura 5: Arena de Handebol estruturada em aço (Parque Olímpico – Rio de Janeiro, Olimpíadas 2016). Foto: Silvia Scalzo.

Figura 6: Velódromo (Parque Olímpico – Rio de Janeiro, Olimpíada 2016). Foto: ABCIC.

O processo industrializado requer que decisões sobre a tecnologia a ser adotada anteceda o desenvolvimento de projetos (ROSSO, 1990), com planejamento mais efetivo e detalhado, potencializando os benefícios da construção industrializada.

Ao se analisar os aspectos apresentados por Sabatini (1989) citados anteriormente, observa-se que o planejamento e o controle, associados às técnicas mais desenvolvidas, principalmente com o uso da mecanização, usuais nos sistemas construtivos industrializados, fazem com que os mesmos potencializem a eficácia e a eficiência do processo como um todo, que é uma das metas desejadas para o desenvolvimento tecnológico do Brasil.

Os processos construtivos industrializados podem oferecer melhores condições de maior controle do desempenho ambiental, com a redução da geração de resíduos, emissão de CO_2, uso de energia e água no processo de fabricação e no canteiro. Considerando que o processo de fabricação tem maior controle, há maior facilidade no levantamento de dados, por exemplo, para a avaliação do ciclo de vida (ACV), que permite demonstrar com mais transparência o desempenho ambiental de produtos e processos.

Dessa forma, pode-se considerar que o uso de sistemas construtivos industrializados permite produzir em maior quantidade, com melhor qualidade, melhor controle e demonstração do desempenho ambiental e em um tempo menor comparativamente a outros tipos de sistemas construtivos.

1.1 Industrialização e pré-fabricação

Segundo Blachere (1977), a industrialização da construção é um processo de natureza repetitiva, em que a variabilidade casual de cada fase que caracteriza as ações artesanais é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade de execução, típica de operações parcial ou totalmente mecanizadas.

Na industrialização, observam-se níveis elevados de controle de caráter interno, com predominância de ação gerencial sobre a normativa. Blachere (1977) e Bruna (1976) afirmam que, nesse caso, há produção de séries e formação de estoques, sendo o processo final resultado de operações de montagem, ajuste e acabamento, que exigem um grau elevado de normalização e padronização.

A industrialização e a pré-fabricação possuem diversos benefícios, que abrangem desde a racionalização dos recursos, até a melhoria da qualidade do produto, já que quando este é fabricado na indústria, em geral o seu controle de qualidade é maior.

Alguns desses benefícios são apontados por Spadeto (2001):

- Menor prazo de execução;
- Produção independente de condições climáticas;
- Uso de mão de obra especializada;
- Matéria-prima selecionada;
- Maior controle de qualidade na execução;
- Maior qualidade e precisão geométrica;
- Menor consumo de materiais e percentual de perdas;
- Maior potencial de desconstrução;
- Maior controle do custo.

O conceito de industrialização e pré-fabricação vem sofrendo alguns ajustes, visto que se faz necessário considerar a dimensão ambiental. Um exemplo a ser citado é o termo *métodos modernos de construção (MMC),* que tem sido usado para descrever os métodos de construção que vêm sendo introduzidos no Reino Unido.

Em 2003, o Housing Corporation (UK) publicou um sistema de classificação de construção com foco em habitação, que mais tarde integrou-se também a outras edificações:

1. Fabricado fora do canteiro – Volumétrico;
2. Fabricado fora do canteiro – Panelisado;
3. Fabricado fora do canteiro – Híbrido;
4. Fabricado fora do canteiro – Sub-montagens e componentes;
5. MMC fabricados no canteiro.

Segundo o Parlamento Inglês, os MMC envolvem a fabricação de edificações inteiras em fábricas, com benefícios potenciais, como construção mais rápida, com menos defeitos, bem como reduções nos usos de energia, água e geração de resíduos (Parlamentary Office Science and Technology, Postnote 209, dezembro de 2003). Entre os principais produtos do MMC citam-se:

- Painéis – incluindo paredes, pisos e telhados prontos. Estes são transportados para o local e montados rapidamente, muitas vezes dentro de um dia. Alguns painéis têm as instalações já dentro deles, tornando a construção ainda mais rápida.
- Módulos – cômodos prontos, que podem ser montados formando um conjunto (uma habitação inteira ou um apartamento). São usados com maior frequência para áreas molhadas, como banheiros e cozinhas.

1.2 Industrialização da construção: ciclo fechado e ciclo aberto

A industrialização pode ser classificada como de ciclo fechado e de ciclo aberto.

Na industrialização de ciclo fechado, há a transferência da maior parte das operações do canteiro para a usina, maior aplicação de princípios de organização e controle da produção, além de processos que utilizam estruturas celulares de grandes painéis (em geral) ou de elementos que não podem ser intercambiáveis com outros.

Segundo Bruna (1976), a industrialização de componentes destinados ao mercado e não somente às necessidades de uma empresa é denominada por ciclo aberto. A produção de elementos e componentes é caracterizada por sua maior flexibilidade, do ponto de vista de sua combinação, e esses elementos são padronizados e apresentam compatibilidade com elementos de diversos fabricantes, podendo ser utilizados em vários projetos e tipologias de edifícios; a modulação e a padronização

fornecem a base para a compatibilidade e a interoperabilidade entre os elementos e componentes.

Para Ferreira (2003) apud. Serra et al. (2005), os sistemas industrializados de ciclos abertos surgiram na Europa com a proposta de uma pré-fabricação de componentes padronizados, os quais poderiam ser associados com produtos de outros fabricantes, com modulação e padronização de componentes fornecendo uma base para a compatibilidade entre os elementos e subsistemas.

Elliot (2002) inclui também uma terceira geração de sistemas industrializados para edificações, denominados por "sistema de ciclo flexibilizado", com alto grau de especificação, que vêm sendo utilizados nos últimos vinte anos na Europa, devido, entre outros fatores, às possibilidades dos acabamentos de alta qualidade nos elementos pré-moldados. Nesse caso, além dos componentes, o sistema e o projeto são flexibilizados para se adequar a qualquer tipologia arquitetônica. Essa terceira geração de pré-fabricação está sendo denominada por "sistema de ciclos flexibilizados", devido a sua capacidade de possuir elementos, componentes, sistemas e projetos abertos.

Como exemplo, tem-se elementos e componentes estruturais de concreto armado ou protendido que vêm sendo cada vez mais empregados em edificações industriais, comerciais e de infraestrutura, sendo, por vezes, combinados com outros sistemas construtivos, convencionais ou não, como o aço e a alvenaria de blocos. A composição desses elementos e componentes gera estruturas híbridas ou mistas. No Brasil, cada vez mais observa-se a integração de sistemas construtivos que permitem flexibilização tanto de formas como de soluções de logística.

O processo de produção de uma edificação não está baseado somente na montagem dos elementos e na concepção da arquitetura diversificada, mas em uma série de fatores econômicos, logísticos, organizacionais e culturais; considerando-se esses aspectos, observa-se que a industrialização gradativamente vem sendo introduzida no Brasil. Observa-se, contudo, que ainda se tem um caminho a percorrer, no que se refere às questões de modulação, ou seja, somente após a sua efetiva introdução, a industrialização da construção poderá exercer melhor o seu papel.

1.3 Racionalização e coordenação modular (CM)

O produto da edificação e o processo de execução tem dependência recíproca, e só podem ser realizados de forma efetiva com o uso da

normalização e da organização, segundo Rosso (1990). Observa-se que a normalização é um instrumento essencial para o processo da industrialização, principalmente a do tipo aberta. Os fornecedores de componentes e elementos de qualquer indústria necessitam seguir determinados padrões (de medidas) com base em coordenação modular para serem capazes de atender os seus clientes.

Barbosa e Qualharini (2005) apontam que sem a utilização dos conceitos provenientes da coordenação modular, a introdução simples de componentes pré-fabricados pode resultar em um caos, devido à falta de medidas padronizadas, de um módulo de referência e de detalhes de conexão previamente estudados.

É necessário aplicar os princípios de racionalização construtiva, considerando a coordenação modular do projeto e a padronização de componentes e elementos ou sistemas construtivos.

Além disso, o uso de ferramentas como a Modelagem da Informação da Construção ou BIM (*Building Information Modeling*) em conjunto com a coordenação modular, facilita o desenvolvimento da industrialização, sobretudo na fase de projeto e de especificação. O BIM pode ser entendido como um novo processo que já não parte mais de desenhos bidimensionais, mas de modelos tridimensionais, pressupondo informações relativas à construção, nas diversas fases do seu ciclo de vida; essas informações são alocadas em um só modelo integrado, paramétrico, intercambiável e passível de simulação, que pode ser utilizado desde a concepção dos projetos, durante as obras, até toda a vida útil do espaço construído (ASBEA, 2013).

Outra ferramenta importante para a industrialização, e que pode ser utilizada em conjunto com o BIM, é a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), em que, a partir de um inventário de entradas e saídas de insumos e recursos e de avaliação de impactos ambientais aplicados a produtos e processos, tem-se um perfil ambiental que auxilia na tomada de decisões econômico-ambientais.

A ABNT NBR 15873 (2010) define a coordenação modular como sendo a coordenação dimensional mediante o emprego de um módulo básico ou de um multimódulo.

Para Ribeiro (2002), Coordenação Modular consiste em uma base matemática que relaciona medidas de projeto às medidas modulares, sendo uma ferramenta fundamental à sistematização do processo de industrialização da construção.

Ainda segundo a ABNT NBR 15873 (2010), praticar a coordenação modular é construir em uma atividade de montagem.

A coordenação modular traz benefícios ao processo construtivo como um todo, desde o projeto de arquitetura, ampliando as alternativas de soluções construtivas, à construção, potencializando a produtividade e as soluções de logística.

Alguns elementos são necessários para a coordenação modular: a) reticulado modular de referência; b) módulo (10 cm) e c) ajuste modular (relaciona a medida de projeto do componente com a medida modular; é a folga, junta ou tolerância).

Lucini (2001) define a modulação como um sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra. Para Greven (2000), é a ordenação dos espaços na construção civil.

A coordenação modular qualificou a indústria da construção em vários países. No Brasil, é imprescindível que ela seja considerada, agora, aliada à questão econômica e de sustentabilidade. Algumas alternativas para ampliar o seu uso têm sido sugeridas frequentemente, por exemplo, disseminação e propostas de certificação.

Estudo da ABDI publicado em 2010[3] já apontava os benefícios da CM e a necessidade da indústria nacional avançar nessa direção. Na ocasião, a pesquisa revelou que poucos segmentos efetivamente faziam uso corrente da coordenação modular no Brasil, sendo mais específico, os segmentos de blocos de concreto e painéis de gesso. Nos demais segmentos a aderência ainda era parcial, havendo espaços para adequações. Com efeito, desde então melhorias foram introduzidas nos diversos segmentos e produtos, o que torna oportuna a realização de uma nova avaliação da situação.

Conclui-se que a racionalização, analogamente à industrialização, passa pela mudança de todo o setor da construção e depende de ações institucionais como a adoção de normalização e padronização.

3
Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Relatório de Avaliação dos Esforços para Implantação da Coordenação Modular no Brasil,* 2010. Disponível em: www.abdi.com.br/Estudo/Rel.%20Implant.%20da%Coord.%Modular%20no%20Brasil_2l.pdf. Acesso em 13 nov. 2015.

PARTE 2

CONTRATANDO SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS

1. Processo construtivo industrializado

Considerando os principais conceitos de construção industrializada, tem-se que o seu processo construtivo requer a integração das decisões anteriores ao projeto em todo o desenvolvimento do produto.

A definição da tecnologia de construção antecede os projetos técnicos e determina as diretrizes norteadoras para o seu andamento, contribuindo com o fortalecimento da qualidade e do desempenho, além da redução de custos e maior sustentabilidade dos processos construtivos das edificações.

A ênfase recai em questões como planejamento detalhado, modulação, projeto do produto, fabricação, monitoramento e logística, entre outros.

O processo construtivo industrializado tem, portanto, arranjos produtivos e processos de contratações diferenciados do processo construtivo convencional.

1.1 Etapas e arranjos produtivos do processo construtivo industrializado

O processo construtivo que utiliza sistemas industrializados pode ser estruturado de maneira a permitir que as vantagens da tecnologia industrializada sejam alcançadas, implicando um método composto de 7 (sete) etapas principais: planejamento preliminar (análise de viabilidade), contratação e planejamento executivo, que engloba projeto, fabricação, montagem, monitoramento e recebimento (Figura 7).

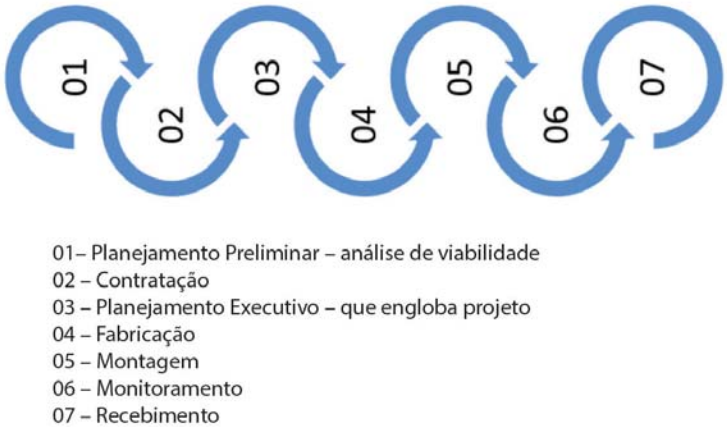

Figura 7: Etapas do processo construtivo industrializado

As etapas não são estanques e nem tão pouco estruturadas de maneira linear. São como aspirais que se integram de maneira dinâmica e coordenada, em um processo que se alimenta dos benefícios de anteceder a definição da tecnologia construtiva, acelerando e assegurando resultados que podem ser previstos e monitorados.

É com base nesse conceito de construção industrializada que se define o fio condutor da estrutura deste Manual, que de maneira prática visa nortear o processo decisório na contratação de elementos e sistemas construtivos industrializados para obras públicas e privadas, recomendando requisitos que podem assegurar alguns benefícios.

O processo construtivo que utiliza sistemas construtivos industrializados pode ser caracterizado considerando os seguintes aspectos:

- **Produção dos elementos em fábrica**: os sistemas construtivos industrializados são concebidos e produzidos em um sistema fabril. Os elementos dos sistemas construtivos são produzidos em fábrica e transportados à obra. Nesse processo, projetistas e organizações participam diretamente da concepção do produto de forma a diminuir problemas de produção dos elementos e de incompatibilidade na montagem em obra. É importante ressaltar que, no caso das estruturas de aço e concreto, a solução da estrutura é que define os componentes em cada caso, e que a produção dos elementos segue de acordo com a solução já dada em projeto.
- **Contratação:** o projeto de um sistema industrializado ganha grande importância, pois define todo o processo de produção e construção dos elementos. Por causa dessa importância, o processo de contratação se diferencia de um sistema convencional. Enquanto em um sistema convencional existem dois tipos de contrato, um para o projeto e outro para a execução, na construção industrializada o contrato é realizado englobando essas duas etapas; além disso, também é necessário realizar um contrato para a montagem dos elementos. Essa contratação deve ser compatibilizada de forma que não afete o processo de produção da edificação. A contratação pode ter como objeto elementos e componentes que serão integrados a soluções híbridas, ou sistemas construtivos como um todo.
- **Tributação**: devido a sua natureza fabril, os elementos produzidos em fábricas são comercializados como produtos e não serviços. Nesse caso, tributações são aplicadas a esses elementos, por exemplo, o imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias – ICMS e o

imposto sobre produtos industrializados – IPI. Essas tributações devem ser consideradas nas etapas de viabilidade prévia e orçamentação.

- **Arranjos de processos produtivos diferenciados:** a construção industrializada se configura por aproveitar e tirar partido das diversas relações existentes entre os elementos da construção e as características específicas de cada empreendimento. Para isso, é necessário verificar algumas formas e disposições construtivas seguindo os princípios básicos da industrialização. Podem ser citados como princípios, a redução da variabilidade dimensional dos componentes, a fácil combinação entre eles e a montagem realizada mecanicamente, ou pelo menos, com um alto grau de mecanização. Assim, é de extrema importância a coordenação modular de todo o sistema.

1.2 Tipos de sistemas construtivos

O processo construtivo industrializado pode envolver componentes, elementos ou sistemas construtivos como um todo, o que significa que, quando se trata de sistemas construtivos híbridos, componentes e elementos podem ser contratados separadamente para compor uma solução construtiva.

Em se tratando de contratação de sistemas construtivos como um todo, na produção da edificação e infraestrutura, é possível contratar três tipos de sistemas construtivos:

- Sistema que utiliza técnicas ou métodos convencionais na produção dos elementos e componentes: é caracterizado pelo uso de métodos convencionais, nos quais há necessidade de mão de obra de forma intensiva, como na execução de formas e escoramentos de madeira e aço para pilares, vigas e lajes, na elevação de alvenarias e na execução de revestimentos de argamassa e outros serviços comuns a esse processo. Esses serviços são realizados no canteiro, e o prazo de execução, nesse caso, deve levar em conta os tempos de espera de recebimento e armazenamento de materiais e o seu transporte interno, além, é claro, da cura dos diversos serviços, como os componentes de concreto ou os revestimentos de argamassa. Em geral, devido às características intrínsecas a esse processo, há um percentual maior de perdas e um menor controle na fase de execução. Em processos de construção convencionais, há, ainda, frequentemente, o problema da construção ter o seu início sem ter findado o projeto, por exemplo, o de instalações, já que o mesmo é feito de forma

convencional com o corte das alvenarias para o seu embutimento. Os projetos de arquitetura, tanto em fase inicial, de anteprojeto, quanto o projeto executivo e os complementares, são desenvolvidos, muitas vezes, de maneira quase independente. Essa alternativa de construção já tem, há alguns anos, sofrido críticas, e vem se modificando com o uso de sistemas racionalizados e de sistemas pré-fabricados ou industrializados que, em geral, acarretam melhorias no processo, tanto na fase de execução como nas outras fases, que incluem planejamento e projeto.

- Sistema que utiliza técnicas e métodos racionalizados e pré-fabricados e industrializados a partir de elementos e componentes: é caracterizado por métodos e processos industrializados e abrange tanto os componentes quanto os elementos ou células com funções específicas a desempenhar; são constituídos por sistemas reticulados de pilares, vigas e lajes, ou no caso de elementos ou células, fachadas, banheiros prontos e outros. Nesse caso, a fase de execução difere do método convencional, pois os componentes ou elementos já são projetados com dimensões moduladas no projeto e chegam prontos ao canteiro, onde há operações quase que somente de montagem. Há, dessa forma, um percentual menor de perdas no canteiro, já que as peças chegam prontas, de acordo com o projeto, precisando ser apenas montadas. Além disso, há também menor percentual de mão de obra *in loco* e menor prazo de execução, comparativamente ao sistema convencional, pois as etapas acabam se sobrepondo entre fábrica e obra. Como exemplos desses elementos e sistemas, podem ser apontados: os de concreto armado ou protendido, como pilares e vigas com consoles, lajes para piso e cobertura, fechamentos com chapas cimentícias, banheiros prontos; os de aço, como pilares, vigas e lajes de piso e de cobertura, coberturas termoacústicas (com isolantes térmicos) e elementos de fachada (fachada cortina ou fachada ventilada), podendo, esses últimos, serem constituídos de alumínio.

- Sistema que utiliza parte do sistema convencional e parte de sistemas industrializados: integra soluções industrializadas e convencionais, como elementos industrializados de concreto armado (pilares) e vedações de blocos cerâmicos, lajes pré-fabricadas mistas, por exemplo a tipo volterrana, treliçada e pré-laje, executadas em conjunto com operações de concreto armado moldado *in loco* para o preenchimento da capa e nervuras; também podem ser citadas, no caso do aço, lajes do tipo *steel deck*, que combina elementos prontos de aço com concreto armado moldado *in loco* para a sua finalização.

2. Planejamento preliminar

O primeiro passo na tomada de decisão para uso de componentes, elementos e sistemas construtivos industrializados é a análise de sua viabilidade prévia, considerando aspectos técnicos (aplicabilidade do sistema a ser especificado e integração de componentes e elementos a outros sistemas) e econômicos (vantagens competitivas de custos e prazos), visando definir a demanda e o objeto a ser contratado.

Para que a análise de viabilidade prévia possa ser efetiva, faz-se necessário a existência de um pré-projeto do elemento ou sistema construtivo da edificação/obra a ser contratado, a fim de se verificar a compatibilidade com a demanda existente.

As principais ações/atividades a serem realizadas nessa fase são:

- definição e caracterização do objeto, incluindo a demonstração da capacidade da empresa em atender a demanda;
- análise do pré-projeto do componente, elemento ou sistema construtivo a ser contratado;
- análise da localidade, considerando aspectos como terreno, topografia, logística, materiais, componentes, elementos e sistemas construtivos e mão de obra disponíveis (capacidade da indústria local para a produção dos elementos ou sistema construtivo);
- análise dos critérios mínimos de desempenho técnico dos componentes, elementos ou sistema construtivo industrializado de acordo com as normas pertinentes a cada tecnologia (do concreto armado e protendido, do *drywall*, do aço etc);
- para as inovações tecnológicas de habitações cujas tecnologias ainda não possuem normas técnicas, mas estão sendo avaliadas pelo SiNAT/PBQP-H, devem ser consideradas as diretrizes deste programa, bem como se elas possuem DATecs válidos;

Para sistemas construtivos para habitação, deve-se exigir cumprimento dos critérios mínimos de seu desempenho conforme a ABNT NBR 15575 (2013), considerando aspectos de segurança estrutural; segurança ao fogo; estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; durabilidade (vida útil). Além disso, deve ser realizada análise preliminar dos custos, prazos e vantagens e desvantagens das alternativas disponíveis:

- definição de tecnologia a ser utilizada;

- fluxo de caixa esperado (fonte de recursos e estratégia de medição).

2.1 Documentação necessária

A documentação necessária para a análise da viabilidade prévia inclui informações sobre desempenho técnico, econômico e ambiental, considerando também os critérios e diretrizes mencionados anteriormente, bem como existência de pré-projeto, especificações, orçamento e cronograma, entre outros documentos, conforme listados a seguir:

- informações do componente, elemento ou sistema construtivo industrializado, incluindo aspectos técnicos e econômicos e de desempenho ambiental, além de informações sobre os pré-projetos, as especificações, o orçamento e o cronograma (Quadros 1, 2 e 3);
- documentos e relatórios de ensaios dos requisitos de normas para o componente, elemento ou do sistema industrializado para edificações industriais, comerciais ou de infraestrutura, considerando-se requisitos de segurança estrutural, de fogo e durabilidade, de acordo com normas técnicas de cada tecnologia, por exemplo, do concreto armado, do concreto protendido, do aço e do *drywall;*
- no caso de sistemas construtivos racionalizados e inovadores para edificações habitacionais, documentos comprobatórios do atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575 ou DATec emitido por uma Instituição Técnica Avaliadora – ITA (Quadro 04);
- garantia e prazos de garantia do fabricante e/ou construtor do componente, elemento ou sistema construtivo contra defeitos sistêmicos (Modelo 1);
- no caso da contratação dos sistemas construtivos como um todo, deve-se ter: responsáveis técnicos pelos projetos, produção e execução (Modelo 2); roteiro de manutenção preventiva considerando as características do sistema construtivo contratado que influem nas condições de uso e manutenção do imóvel (Modelo 3); compromisso de contratação de entidade habilitada para efetuar o monitoramento da obra, incluindo o Plano de Monitoramento da Fase de Produção e Plano de Controle Tecnológico elaborado por esta entidade, até o primeiro desembolso do empreendimento contratado (Modelo 4); compromisso de realização da Avaliação Técnica em Uso, ou Avaliação

Pós-Ocupação, após 24 (vinte e quatro) meses da expedição do "habite-se" (Modelo 5).

2.1.1 Informações do componente, elemento ou sistema construtivo

O Manual apresenta diretrizes para a coleta de informações gerais, incluindo aspectos das etapas referentes ao atendimento da demanda no planejamento e no pré-projeto, aspectos técnico-econômicos dos componentes, elementos e sistemas, incluindo potencial atendimento à demanda e mão de obra utilizada e aspectos ambientais, como selo ou rótulo ambiental e classificação do CONAMA, entre outros.

Para a coleta de informações, são sugeridos modelos ou fichas em forma de quadros apresentados a seguir (Quadros 01 a 04).

As informações a serem compiladas no cabeçalho dos quadros referem-se ao tipo de sistema construtivo, ao item considerado (ex. Viabilidade prévia) e ao responsável pelas informações, com os endereços de contato (e-mail e telefone), Quadro 1.

2.1.1.1 Informações gerais

No Quadro 1 são coletadas informações sobre o objeto demandado e o pré-projeto, incluindo:

- caracterização;
- funções,
- apresentação de pré-projeto;
- orçamento e cronograma;
- disponibilidade de fabricantes e mão de obra local;
- memorial;
- certificação;
- outros.

Quadro 1 (checklist): Informações gerais dos componentes, elementos e sistema

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo:	Edificações habitacionais	Outras Edificações	Infraestrutura
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: Aspectos gerais informativos dos componentes, elementos ou sistema construtivo			Item: viabilidade prévia
Responsável pelas informações:	E-mail:		Telefone:

OBJETO DEMANDADO			
Caracterização do objeto a ser contratado (*briefing*)			
Apresentação de viabilidade e esquema de integração de componentes e elementos em sistemas construtivos	SIM	NÃO	
Programa de Necessidades (espaços, funções, áreas, necessidades de instalações, entre outros)	SIM	NÃO	

ITENS A SEREM OBSERVADOS NOS COMPONENTES, ELEMENTOS E SISTEMAS			
Apresentação de pré-projeto de componentes, elementos ou sistemas	SIM	NÃO	
Apresentação de orçamento de componentes e elementos	SIM	NÃO	
Apresentação de cronograma de entrega de componentes e elementos	SIM	NÃO	
Apresentação de pré-projeto da edificação/infraestrutura	SIM	NÃO	
Apresentação de orçamento da edificação/infraestrutura	SIM	NÃO	
Apresentação de cronograma da edificação/infraestrutura	SIM	NÃO	
Análise do terreno	SIM	NÃO	NA
Existem fabricantes/fornecedores de materiais e componentes na região	SIM	NÃO	
Há disponibilidade de mão de obra na região	SIM	NÃO	
Memorial de definição da tecnologia	SIM	NÃO	
Comprovação do atendimento da demanda com elementos, componentes ou sistema construtivo que possui características, quantidade e prazo adequados	SIM	NÃO	
Montagem manual	SIM	NÃO	
Montagem mecânica	SIM	NÃO	
Os componentes, elementos ou o sistema possuem certificado de qualidade?	SIM	NÃO	
Se o sistema possui certificado de qualidade, qual o tipo:	1ª parte	3ª parte	
Se o sistema é inovador, ele é avaliado com DATec?	SIM:	NÃO	NA
A empresa fabricante do componente, elemento ou do sistema tem sistema de gestão da qualidade?	SIM	NÃO	

NA – Não se aplica. É importante observar que há diferentes arranjos produtivos que podem ser contratados, tais como componentes, elementos ou sistemas, e, portanto, algumas informações contidas no quadro podem não ser aplicadas a todos.

2.1.1.2 Análise preliminar dos aspectos técnico-econômicos dos componentes, elementos ou sistema construtivo

Após a coleta das informações gerais dos componentes, elementos ou sistema, conforme apresentados no item 4.1.1.1, são levantadas informações que servirão de base para a análise preliminar dos aspectos técnico-econômicos. Os principais aspectos são: disponibilidade local de fabricantes e fornecedores, prazo, potencial de atendimento à demanda, logística, mão de obra e outros (Quadro 2).

Quadro 2 (checklist): Informações para a análise preliminar dos aspectos técnico--econômicos dos componentes, elementos ou sistema

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo:	Outras Edificações	Infraestrutura	
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: aspectos técnicos-econômicos dos elementos e sistemas	Item: viabilidade prévia		
Responsável pelas informações:	E-mail:	Telefone:	
INFORMAÇÕES A SEREM LEVANTADAS			
Fabricantes/Fornecedores de elementos e sistemas na região	SIM		NÃO
Potencial atendimento da demanda	BOM	MÉDIO	RUIM
Logística facilitada	SIM		NÃO
Mão de obra própria (fabricante) para montagem	SIM		NÃO
Caso não possua mão de obra, indica montadores na região	SIM		NÃO
Especificar mão de obra (tipo profissional) necessária para a montagem			

2.1.1.3 Análise preliminar dos aspectos de desempenho ambiental dos componentes, elementos ou sistema

Após o levantamento dos aspectos técnico-econômicos (Quadro 2), são levantadas informações sobre o desempenho ambiental dos componentes, elementos ou sistemas, como percentual de perdas em determinados serviços, selo ou rótulo ambiental, classificação do CONAMA e reciclagem de resíduos no Brasil (Quadro 3).

Quadro 3 (checklist): Informações para a análise preliminar dos aspectos de desempenho ambiental dos componentes, elementos ou sistemas

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA				
Tipo de sistema construtivo:	Edificações habitacionais	Outras Edificações	Infraestrutura	
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: aspectos de desempenho ambiental dos componentes, elementos ou sistema	Item: viabilidade prévia			
Responsável pelas informações:	E-mail:		Telefone:	
INFORMAÇÕES				
Possui percentual de perdas levantado (%) na fabricação	SIM		NÃO	NA
Possui percentual de perdas levantado na instalação/ montagem	SIM		NÃO	NA
Possui selo ou rótulo ambiental	SIM		NÃO	
INFORMAÇÕES				
Classificação dos resíduos segundo a Resol. 448/12. CONAMA	A	B	C	D
Existe reciclagem dos resíduos gerados no Brasil	SIM		NÃO	
Faz Logística Reversa	SIM		NÃO	
Possui ISO 14000	SIM		NÃO	
Possui Política de Responsabilidade Ambiental e Social publicada	SIM		NÃO	
Possui Avaliação de Ciclo de Vida	SIM		NÃO	
Possui Declaração Ambiental do Produto (DAP)	SIM		NÃO	
Possui Declaração de Emissão de Gases de Efeito Estufa	SIM		NÃO	
Especificar qual declaração:				

NA – Não se aplica

2.1.2 Comprovação de desempenho dos componentes, elementos e sistemas

Após o preenchimento das informações iniciais, contidas nos Quadros 1, 2 e 3, recomenda-se a comprovação do desempenho em uso dos componentes, elementos e sistemas construtivos.

2.1.2.1 Análise do desempenho técnico dos componentes e elementos

A análise do desempenho técnico dos componentes e elementos deve ser feita na sua produção, ou seja, na fábrica, considerando-se os parâmetros exigidos pelas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas

Técnicas (ABNT). O controle de qualidade na produção dos componentes e elementos também deve ser observado, incluindo o recebimento de matéria-prima, materiais ou componentes, controle do armazenamento e controle da produção. Laudos de ensaios comprobatórios das matérias-primas e materiais utilizados nos componentes devem ser apresentados pela contratada e os resultados devem cumprir os requisitos estabelecidos em normas técnicas da ABNT. No item 7 deste Manual, referente a fabricação, são apresentados diversos aspectos que devem ser considerados na análise.

Como exemplo, tem-se, para o caso de componentes e elementos de concreto armado, que podem ser empregados em elementos estruturais como pilares e/ou lajes de cobertura, propriedades de resistência mínima do concreto, tipo de concreto utilizado (industrializado ou não), barras de aço e outros. Algumas normas técnicas podem ser consideradas nesse exemplo, como: ABNT NBR 6118, ABNT NBR 6215, ABNT NBR 7480, NBR 12655, NBR 12654 e NBR 14862, ABNT NBR 14860-1(2002), NBR 7480: 1996, NBR 9062:1985, NBR 12655:1996, entre outras.

Da mesma forma que para os componentes e elementos de concreto armado, têm-se os casos do concreto protendido, do aço, do *drywall* e outros, que devem seguir as normas técnicas correspondentes, para o cumprimento dos requisitos estabelecidos em cada uma delas.

No Quadro 4 são apresentados alguns aspectos que podem ser observados, além daqueles já mencionados no item de fabricação.

Quadro 4 (checklist): Aspectos de desempenho técnico de componentes e elementos

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo:	Edificações habitacionais	Outras edificações	Infraestrutura
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: Aspectos de desempenho técnico dos componentes, elementos ou sistema	Item: viabilidade prévia		
Responsável pelas informações:	E-mail:		
INFORMAÇÕES			
Possui procedimento formal de controle da qualidade para o recebimento e armazenamento de matéria-prima e materiais		SIM	NÃO
Emprega matéria-prima e materiais credenciados no SIMAC/PSQ/PBQP-h		SIM	NÃO
Possui laudo de ensaios válido (data) com comprovação das propriedades especificadas em normas técnicas da ABNT para as matérias-primas e materiais utilizados		SIM	NÃO
Possui laudo de ensaios válido (data) com comprovação das propriedades especificadas em normas técnicas da ABNT para os componentes e elementos		SIM	NÃO
Possui controle de qualidade no processo, por meio de sistema de gestão da qualidade tipo ISO 9000 implantado		SIM	NÃO
Possui certificação do produto		SIM	NÃO

OBS: Outras informações contidas no item 7 deste Manual, referente à fabricação do produto, podem ser acrescentadas a estas do Quadro 4.

2.1.2.2 Desempenho em uso de sistemas construtivos para edificações habitacionais

Para sistemas construtivos para habitação, deve-se exigir cumprimento dos critérios mínimos de seu desempenho conforme a ABNT NBR 15575 (2013), conforme já apresentado no item de viabilidade prévia. Além disso, também deve ser feita a análise no caso dos sistemas construtivos inovadores para habitação, nesse caso, conforme apresentado anteriormente, a contratada deverá comprovar o seu desempenho por meio da apresentação do Documento de Avaliação Técnica (DATec/SiNAT/PBQP-h) válido, conforme Quadro 1 apresentado anteriormente.

No caso dos sistemas de infraestrutura (outras edificações), o desempenho deve ser comprovado por meio do cumprimento das normas respectivas a cada um dos sistemas.

A seguir, é necessário o levantamento de informações sobre as características dos componentes, elementos e sistemas industrializados que influem nas condições de uso e manutenção, bem como o termo de garantia fornecido pela empresa fabricante ou contratada.

Quadro 5: Exemplo de prazos de garantia para componentes, elementos ou sistemas construtivos de edificações habitacionais segundo prazos sugeridos na ABNT NBR 15575 (2013)

MANUAL DE INDUSTRIALIZAÇÃO		
Tipo de sistema construtivo	Edificações Habitacionais	Infraestrutura
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: Prazos de garantia de sistema construtivo		Item: viabilidade prévia
Responsável pelas informações:	E-mail:	Telefone:

INFORMAÇÕES						
Sistemas, elementos, componentes e instalações	Prazos de Garantia Contratual recomendados pela norma ABNT NBR 15575					
	Ato da entrega	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	Fabricante (*)
Fundações, estruturas periféricas, contenções e arrimos					Segurança e estabilidade global, estanqueidade de fundações e contenções	
Painéis de vedação vertical com função estrutural e estruturas auxiliares	Danificadas ou mal colocadas	Fissuras perceptíveis a um metro de distância			Segurança	
Selantes, componentes de juntas e rejuntamento e acabamento de juntas de painéis de vedação vertical com função estrutural		Aderência			Estanqueidade	
Selantes para fechamento das juntas e rejuntamentos dos painéis verticais com poliuretano expandido (PU)		Aderência				
Tratamento de juntas dos painéis verticais		Aderência		Estanqueidade		
Etc	.....	.....	.....	.....	.....	.....

2.1.3 Garantia e prazo de garantia

2.1.3.1 Garantias

A garantia legal é o período de tempo previsto em lei que o comprador dispõe para reclamar do vício ou defeito verificado na compra do seu produto durável.

E a garantia contratual é aquela referente ao período de tempo igual ou superior ao prazo de garantia legal e condições complementares oferecidas voluntariamente pelo fornecedor na forma de certificados ou termo de garantia ou contrato no qual constam prazos e condições complementares à garantia legal.

2.1.3.2 Prazo de garantia

O termo de garantia, no qual são considerados os componentes, elementos ou sistemas construtivos efetivamente empregados apresenta os prazos de garantia a partir da entrega dos componentes ou elementos, e da conclusão do imóvel, da carta de habite-se e da entrega das chaves aos compradores no ato do recebimento de sua unidade, no caso da edificação.

No caso dos componentes e elementos, pode ser estipulada, além da garantia legal, a garantia contratual, facultativa, concedida deliberadamente pelos fornecedores aos consumidores, como instrumento de afirmação da qualidade dos bens colocados no mercado de consumo. A garantia legal é obrigatória e inderrogável, sendo imposta aos fornecedores por força do Código de Proteção e Defesa do Consumidor (Lei nº 8.078/90).

No caso de sistemas para edificações habitacionais, incluindo os componentes e seus elementos, a título de exemplo, sugere-se a utilização de um modelo da ABNT NBR 15575 (2013), conforme apresentado no Quadro 5 para a garantia contratual.

Em relação à garantia legal das edificações e/ou infraestrutura, o prazo de garantia é estabelecido pela lei 10.406 de 10 de janeiro de 2002 no artigo 618:

Art. 618.

> *Nos contratos de empreitada de edifícios ou outras construções consideráveis, o empreiteiro de materiais e execução responderá, durante o prazo irredutível de cinco anos, pela solidez e segurança do trabalho, assim em razão dos materiais, como do solo.*

> ***Parágrafo único**. Decairá do direito assegurado neste artigo o dono da obra que não propuser a ação contra o empreiteiro, nos cento e oitenta dias seguintes ao aparecimento do vício ou defeito.*

2.1.4 Responsabilidade técnica

No caso da contratação de sistemas construtivos, recomenda-se que o contratante deve solicitar à empresa fornecedora do sistema construtivo a apresentação de informações sobre os principais responsáveis técnicos envolvidos no projeto e execução da edificação, bem como as principais empresas fornecedoras de serviços e materiais, componentes e elementos (Quadro 6).

Quadro 6: Informações sobre os responsáveis técnicos no projeto e execução de edificações

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo	Edificações Habitacionais	Outras Edificações	Infraestrutura
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: Prazos de garantia de sistema construtivo			Item: viabilidade prévia
Responsável pelas informações:	E-mail:		Telefone:
INFORMAÇÕES			
Empresas responsáveis pela execução da obra Engenheiro: CREA: Telefone: Arquiteto: CAU: Telefone:			
Responsável pelo projeto estrutural Engenheiro: CREA: Telefone: Arquiteto: CAU: Telefone:			
Responsável pelo projeto arquitetônico Engenheiro: CREA: Telefone: Arquiteto: CAU: Telefone:			
INFORMAÇÕES			
Responsável pelo projeto hidrossanitário Engenheiro: CREA: Telefone: Arquiteto: CAU: Telefone:			
Responsável pelo projeto preventivo de incêndio Engenheiro: CREA: Telefone: Arquiteto: CAU: Telefone:			

2.1.5 Manutenção preventiva

Recomenda-se ainda que o contratante deve solicitar à empresa que apresente um roteiro prévio de manutenção preventiva (Quadro 7) dos componentes, elementos ou sistema construtivo objeto da contratação.

Nesse roteiro, são apresentadas as atividades e os responsáveis para a sua realização, que podem ser o próprio usuário, a equipe de manutenção

local, uma empresa capacitada e empresas especializadas. Para esse roteiro, devem ser consideradas as normas ABNT NBR 5674, a ABNT 14037 e CBIC (2014), no caso de edificações.

Após a contratação de sistemas construtivos, na fase de planejamento e projeto executivo, esse roteiro deve ser adequado conforme as especificações detalhadas do sistema construtivo.

Quadro 7: Exemplo de roteiro de manutenção preventiva de sistemas, elementos, componentes e instalações

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo	Edificações Habitacionais	Outras Edificações	Infraestrutura
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: Roteiro de manutenção preventiva	Item: viabilidade prévia		
Sistemas, elementos, componentes e instalações	Atividade	Periodicidade	Responsável
Painéis de vedação, estruturas auxiliares, estruturas de cobertura, estrutura de escadaria interna ou externa, guarda-corpos, muros de divisa e telhados	Verificar a integridade das calhas, telhas e, se necessário, efetuar limpeza e reparos para garantir a sua funcionalidade. Em épocas de chuvas fortes, é recomendada a inspeção das calhas semanalmente	A cada 6 meses	Empresa capacitada/empresa especializada
	Verificar a integridade estrutural dos componentes, vedações e fixações e reconstituir e tratar se necessário	A cada 1 ano	Empresa capacitada/empresa especializada
Equipamentos industrializados (motobombas, filtros, interfones, automação de portões, elevadores e outros), sistema de dados e voz, telefonia, vídeo e televisão	Manutenção de acordo com as especificações do fabricante/ fornecedor	Conforme fabricante/ fornecedor	
Sistema de proteção contra descargas atmosféricas, sistema de combate a incêndios, pressurização das escadas de emergência e sistema de segurança patrimonial	Inspecionar sua integridade e reconstituir o sistema de medição de resistência conforme legislação vigente	A cada 1 ano	Empresa especializada
	Inspeções completas conforme ABNT NBR 5419	A cada 5 anos	Empresa especializada

2.1.6 Monitoramento

No caso da contratação de sistema construtivo, ainda na viabilidade prévia, recomenda-se que seja estabelecido o compromisso de contratação de entidade habilitada para efetuar o monitoramento da obra, incluindo o plano de monitoramento da Fase de Produção e Plano de controle tecnológico até o primeiro desembolso do empreendimento contratado (Quadro 8).

Quadro 8: Declaração de compromisso de contratação de entidade habilitada para efetuar o monitoramento da obra

CARIMBO com CNPJ da Empresa

NOME DA EMPRESA

Endereço: _____ ; telefone: _____ ; e-mail.

DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DE CONTRATAÇÃO DE ENTIDADE HABILITADA PARA EFETUAR O MONITORAMENTO DA OBRA

A empresa X, situada ..., cadastrada no Cadastro Nacional Pessoas Jurídicas nº..., Inscrição Estadual nº..., representada neste ato por seu .., portador RG Nº. e CPF nº...., vem por meio desta declarar, sob sua responsabilidade exclusiva, o compromisso de contratação de entidade habilitada para efetuar o monitoramento da obra, incluindo o plano de monitoramento da fase de produção e o plano de controle teconológico até o primeiro desembolso do empreendimento contratado

Sem mais e por ser expressão da verdade subscrevo. Local, Nome e Função
(assinatura com firma reconhecida em cartório)

2.1.7 Avaliação técnica em uso

Na contratação de sistemas construtivos inovadores, na viabilidade prévia, a empresa deve, além de apresentar DATec válido, assumir o compromisso de realização da Avaliação Técnica em Uso, ou Avaliação pós-ocupação, após 24 (vinte e quatro) meses da expedição do habite-se (Quadro 9). Apesar de essa ser uma medida importante para a retroalimentação de qualquer processo empregado em sistemas construtivos, observa-se que ela não é feita para o caso do sistema convencional.

Quadro 9: Declaração de compromisso de contratação de entidade habilitada para realização da avaliação técnica em uso do sistema construtivo

CARIMBO com CNPJ da Empresa

NOME DA EMPRESA

Endereço: _____ ; telefone: _____ ; e-mail.

DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DE CONTRATAÇÃO DE ENTIDADE HABILITADA PARA EFETUAR A AVALIAÇÃO TÉCNICA EM USO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A empresa X, situada ..., cadastrada no Cadastro Nacional Pessoas Jurídicas nº..., Inscrição Estadual nº..., representada neste ato por seu .., portador RG Nº. e CPF nº.... vem por meio desta declarar, sob sua responsabilidade exclusiva, o compromisso de contratação de entidade habilitada para efetuar a avaliação técnica do sistema construtivo em uso, após 24 (vinte e quatro) meses da expedição do habit-se.

Sem mais e por ser expressão da verdade subscrevo. Local, Nome e Função
(assinatura com firma reconhecida em cartório)

2.2 Fluxo de caixa para a produção de edificações

O setor da construção civil se diferencia dos outros setores devido à diferença de contabilização dos custos e das receitas incorridos durante o período de construção, que mesmo considerando componentes, elementos e sistemas industrializados, pode durar mais de um ano. Por esse motivo, o controle do fluxo de caixa se torna de extrema importância, para que a obra necessária ao preparo do produto edificação consiga balancear seus gastos, e o caixa da empresa fique o menor tempo possível no negativo.

É necessário salientar também que a contratação dos serviços de engenharia no âmbito privado e público são diferentes. A medição pode ser feita tendo em vista os serviços cumpridos considerando-se o progresso físico da obra ou pela medição do avanço físico da obra, cuja porcentagem deve ser aplicada ao valor contratado.

Em obras de curta duração, o pagamento do serviço pode acontecer levando em consideração unidades de medidas finalizadas.

Para Nascimento (2007), em caso de empreitada para pessoas jurídicas de direito público, ou empresas sob seu controle, empresas públicas, sociedades de economia mista ou suas subsidiárias, as empresas de engenharia e construção poderão diferir a tributação do lucro apurado, relativamente à parcela da receita ainda não realizada financeiramente,

no livro de apuração do lucro real. Os procedimentos básicos de contabilidade a serem utilizados são:

- empreitada com faturamento por medição do progresso físico;
- empreitada com cobrança por cronograma financeiro;
- empreitadas de obras com duração menor que um ano;
- obras em consórcio de empresas.

O fluxo de caixa pode proporcionar ao empreendedor um melhor planejamento financeiro, sabendo, assim, quais são os momentos ideais para a aplicação de recursos. Na indústria da construção, geralmente, existe um grande investimento financeiro no início da obra, devido à compra de terrenos, gastos de incorporação e escavação, entre outros serviços iniciais que podem desequilibrar o fluxo de caixa da empresa. As receitas acontecem na venda parcial ou total de unidades ou na medição do primeiro mês, no caso de obras públicas.

A forma de contratação influencia diretamente no fluxo de caixa da empresa. O contratante deve ficar atento às formas de pagamentos dos serviços contratados. No caso de obras industrializadas, a forma de pagamento pode acontecer levando em consideração a porcentagem de serviço executado, quantidade de elementos executados e a quantidade de componentes e elementos entregues, entre outros.

A fim de atenuar os gastos iniciais da empresa, pode-se recorrer a técnicas de balanceamento de fluxo de caixa. As técnicas mostradas a seguir baseiam-se na tentativa de diminuição dos egressos e aumento dos ingressos na fase inicial do empreendimento (PINI, 2014):

- **Obter um adiantamento**. Essa é a maneira mais simples de resolver a situação de caixa negativo. Mediante o recebimento de um sinal ou adiantamento, o construtor já começa a obra com dinheiro suficiente para lhe dar capital de giro. Essa opção tem a vantagem óbvia do conforto que dá ao construtor. Por outro lado, o adiantamento que o contratante se dispõe a fornecer ao construtor não é capaz de eliminar totalmente os momentos de caixa negativo. É importante lembrar que esse tipo de técnica não é permitido em obras públicas.

- **Parcelamento das compras**. Essa técnica é bastante utilizada com o intuito de amortizar e postergar o pagamento dos insumos em períodos nos quais não há ingressos. A compra à vista de materiais no período inicial da obra pode levar a grande montante investido, devido à falta de ingressos, seja por forma de medição ou por compra de unidades.
- **Mudança do cronograma financeiro**. Essa solução consiste em dispor os serviços de forma diferente no tempo. Ao fazer isso, o orçamentista obviamente altera o fluxo de caixa. O perigo dessa solução é que não se pode mudar o planejamento aleatoriamente. É preciso levar em conta que a posição das barras reflete o planejamento da obra, a sequência das etapas e o plano de ataque das diversas frentes de serviço.

A forma mais conveniente de prever os gastos e receitas de um serviço é planejando e controlando o fluxo de caixa, quando são previstas as necessidades de numerários para o atendimento dos compromissos que a empresa costuma assumir, considerando os prazos para serem saldados. Particularmente no que se refere a obras que utilizam sistemas industrializados, o investimento inicial requer um maior planejamento e aporte. Para melhor controle do fluxo de caixa, é possível aplicar as informações apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 (checklist): Informações referentes ao controle do fluxo de caixa

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo:	Edificações habitacionais	Outras Edificações	Infraestrutura
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: Aspectos de desempenho ambiental	Item: fluxo de caixa		
Responsável pelas informações:	E-mail:		Telefone:

INFORMAÇÕES			
No contrato está especificada a forma de pagamento do serviço	SIM	NÃO	
O valor a receber está detalhado, levando em consideração as entradas e os parcelamentos	SIM	NÃO	
O valor a receber é controlado	SIM	NÃO	
É possível aplicar a técnica de adiantamento	SIM	NÃO	
A movimentação bancária é controlada	SIM	NÃO	
Existe a integração do sistema de qualidade com o controle do fluxo de caixa	SIM	NÃO	
Existe o planejamento das despesas	SIM	NÃO	
As despesas são controladas (pagamento de funcionário, compra de materiais e equipamentos, aluguéis de equipamentos...)	SIM	NÃO	
Há controle de montante vencido ou a ser pago	SIM	NÃO	
Há vantagem em parcelar as compras	SIM	NÃO	
O estoque é controlado	SIM	NÃO	NA
Existe planejamento de entrada e saída do estoque	SIM	NÃO	NA

2.3 Agregação de valor

A construção industrializada se caracteriza, essencialmente, por procedimentos baseados em componentes de fábrica, ou componentes construtivos funcionais, produzidos em série, com o fim de tornar mais rápido o processo construtivo e reduzindo ao máximo as operações no canteiro de obra (RIBEIRO, 2002). Essas características agregam valor ao produto final, sejam elas no âmbito técnico-econômico, de produtividade e sustentabilidade.

2.3.1 Âmbito técnico

Com a produção de componentes e elementos em fábricas, o sistema de construção industrializado adquire características relacionadas à produção fabril, por exemplo, o maior controle de qualidade dos produtos e a diminuição da interferência humana nos processos.

No ambiente fabril, o controle da qualidade dos materiais utilizados na fabricação é maior quando comparado ao canteiro de obra. Esses materiais são ensaiados periodicamente e verificados quanto ao seu atendimento aos requisitos mínimos a fim de garantir o desempenho desejado. O armazenamento também oferece vantagens quando comparados ao canteiro de obras, já que em um canteiro de obra, o armazenamento de materiais pode ser prejudicado devido a sua natureza intrínseca aos processos convencionais. Ensaios de conformidade também são realizados nos componentes e elementos produzidos na fábrica, conforme já comentado anteriormente no item referente à comprovação do desempenho técnico de componentes e elementos, bem como apresentado posteriormente no item de fabricação. No Brasil, existem normas técnicas especificas para a construção industrializada, estabelecendo critérios para a verificação de conformidade dos materiais utilizados na fabricação e para os componentes e elementos produzidos.

Devido a sua natureza, o projeto de um sistema industrializado necessita de um alto grau de detalhamento e compatibilização, acarretando um grande benefício no que diz respeito às interferências e compatibilização entre projetos.

2.3.2 Âmbito econômico

A redução do tempo de obra é uma das principais vantagens de um sistema industrializado. A produção dos componentes e elementos fora do canteiro de obra, de forma industrial, acelera o processo de produção ou a fase de execução dos serviços em geral, eliminando, assim, o tempo de espera entre a abertura de frentes de trabalho, diferentemente da fase de execução de forma convencional. As peças geralmente são moduladas aumentando a velocidade de produção na obra devido à repetição dos serviços.

As entregas dos componentes e elementos na obra são programadas de acordo com o planejamento e, com maior controle do tempo na execução, evita-se o acúmulo de insumos, tanto no canteiro de obras, quanto nas fábricas. O transporte e a entrega desses insumos são acompanhados pela equipe de montagem dos componentes, elementos ou sistema, podendo ser eliminado o tempo de descarregamento e transporte para o local de aplicação.

O adiamento do cronograma interfere diretamente no fluxo de caixa da obra. A diminuição do tempo de obra reduz os custos fixos, por exemplo, os gastos com salários e aluguéis.

2.3.3 Âmbito de produtividade e de sustentabilidade

O aumento da produtividade no uso de componentes ou elementos industrializados ou de um sistema construtivo industrializado em comparação ao sistema convencional é a eliminação de certas etapas de obras. O processo de produção em série nas fábricas dos elementos e componentes acarreta maior produtividade, pois existe a repetição dos processos e a especialização da mão de obra.

A concepção do sistema industrializado deve ser realizada de forma a reduzir ao máximo os serviços no canteiro de obra, ou seja, basicamente no canteiro de obra industrializado, o serviço preponderante é o de montagem. A automação também garante grande velocidade na produção. Os içamentos e transportes dos componentes e elementos são geralmente realizados por máquinas, reduzindo a quantidade de mão de obra necessária para essa etapa.

No canteiro de obras também é necessária a especialização de mão de obra. Em um canteiro com sistemas industrializados, surge à figura do montador, um especialista em montagens desse sistema.

Em relação à sustentabilidade, de acordo com Spadeto (2011), na construção industrializada há menor consumo e perdas de materiais, otimização da mão de obra e minimização de retrabalhos, redução da quantidade de resíduos gerados e de consumo de energia.

3. Contratação

Após a conclusão da etapa de viabilidade prévia, é iniciado o processo de contratação das empresas que serão envolvidas no processo de produção de componentes, elementos e sistemas industrializados, sendo que algumas peculiaridades devem ser verificadas antes do início desse processo. Nesse caso, o cliente pode não ser necessariamente o usuário final, mas, por vezes, uma construtora, uma vez que diz respeito ao fornecimento de um componente ou elemento ou sistema e não a totalidade do empreendimento.

O processo de contratação diferencia-se nos setores privados e públicos com etapas específicas para cada setor (Figuras 8 e 9).

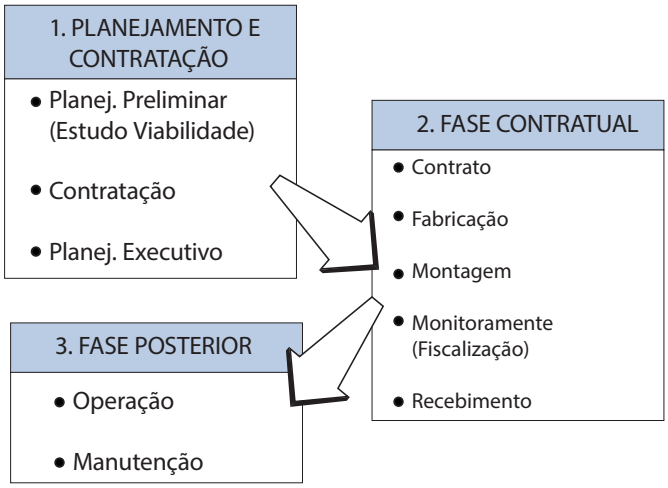

Figura 8: Etapas do processo de contratação no setor privado. Fonte: adaptado do Manual do TCU

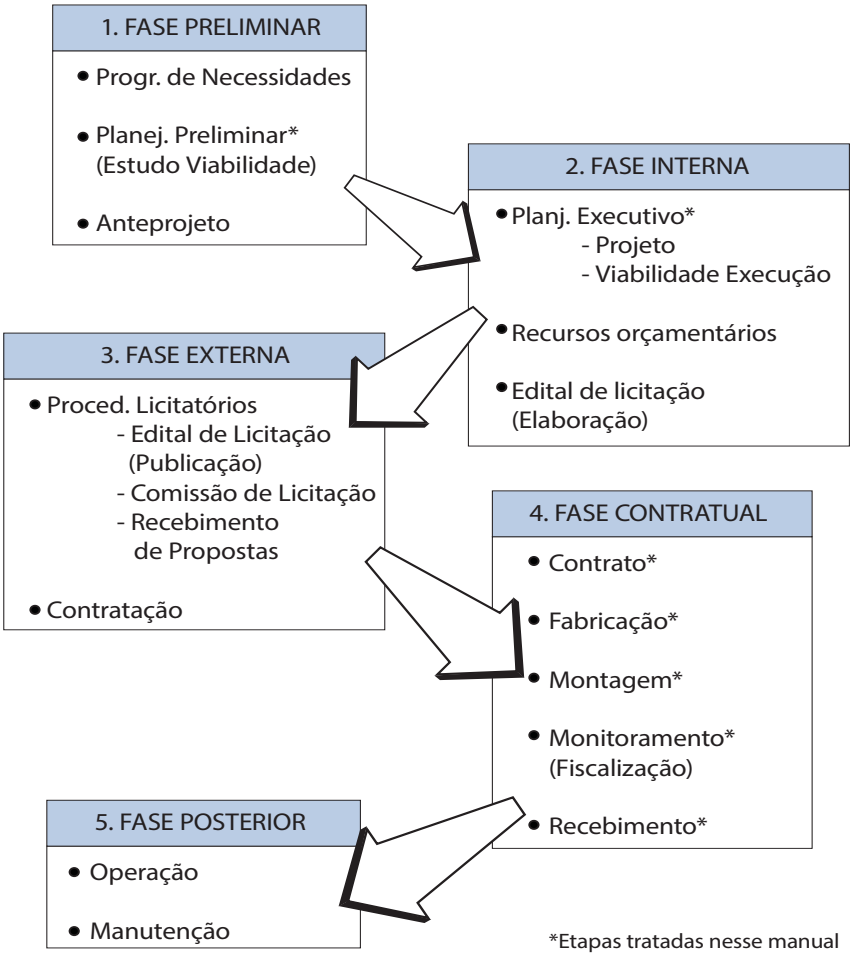

Figura 9: Etapas do processo de contratação para obras públicas. Fonte: adaptado do Manual do TCU

3.1 Processo de contratação

O primeiro passo da contratação de sistemas industrializados é a seleção das empresas fabricantes/fornecedoras e montadoras. A contratação dessas duas etapas pode ocorrer separadamente, ou seja, a empresa fabricante é diferente da empresa montadora, ou conjuntamente, em que a empresa que fabrica os elementos é a mesma que realiza a montagem.

A seleção é auxiliada pelo planejamento prévio, no qual são analisados aspectos importantes, por exemplo, a adequação das empresas às normas técnicas vigentes, avaliação ambiental, análise socioeconômica das empresas e outros.

Para obras de grande porte, pode se fazer necessária a elaboração de um anteprojeto, como etapa anterior à contratação, devendo ser apresentados os principais elementos (no caso de estruturas, os principais elementos estruturais, no caso de fachadas, um esboço de paginação, e assim por diante). Esse anteprojeto possibilita melhor definição e conhecimento sobre o empreendimento, bem como as diretrizes a serem seguidas quando da contratação do projeto básico.

3.1.1 Concepção e viabilidade

Ao analisar as possibilidades de uso de um sistema construtivo industrializado, recomenda-se:

- considerar diferentes soluções que integrem componentes ou elementos, ou sistemas construtivos como um todo, levando em consideração as necessidades específicas do produto e processo construtivo; a proximidade dos centros produtores e a capacidade de instalação de fábricas móveis em canteiro.
- Consultar fornecedores de cada componente, elemento ou sistema e conhecer suas particularidades, definindo a melhor alternativa.
- Selecionar fornecedores, em função dos prazos necessários para elaboração do projeto e sua respectiva fabricação e que atendam às normas técnicas aplicáveis a cada sistema, assegurando conformidade e desempenho.
- Focar na racionalização construtiva, respeitando-se conceitos como modulação, logística e planejamento.
- Compatibilizar projetos e analisar interfaces dos elementos industrializados com demais sistemas, reduzindo riscos de conflitos e erros.

- Levantar os riscos da obra, identificando a melhor tática para a prevenção ou adoção de plano(s) de contingência.
- Assegurar que a diferença entre os custos tangíveis (valor monetário) deve ser menor ou igual aos custos intangíveis (valor subjetivo).

3.1.2 Seleção do projetista, fornecedor e montador

A seleção dos principais envolvidos no processo de produção de sistemas industrializados é uma etapa essencial para o seu bom andamento, sendo necessário:

- escolher a empresa do segmento mais adequada para executar o projeto em questão, independente do seu tamanho.
- Coletar referências junto a clientes das empresas: atendimento, cumprimento de prazos e escopo dos serviços, controle de qualidade etc.
- Verificar a integridade da (s) empresa (s) (CREA, Procon, Serasa, Licença Ambiental etc.), formalidade e emissão de notas fiscais.
- Verificar o acervo técnico do projetista em questão.
- Visitar obra(s) que esteja(m) em execução e/ou concluída(s) e observar detalhes como organização do canteiro, disponibilidade de equipamentos adequados, segurança do trabalho etc.
- Visitar a fábrica e observar a presença de responsável técnico supervisionando a produção, local adequado para armazenamento de matéria-prima, estado de funcionamento de equipamentos como guindastes, gruas, talhas, máquinas de corte e dobra etc.
- Verificar se a empresa integra programas de avaliação de conformidade em relação a requisitos de segurança, qualidade e meio ambiente e se possui atestado ou certificado válido.
- Avaliar o fornecedor/montador com vistas a assegurar o atendimento às normas técnicas vigentes.
- Verificar quais são os serviços oferecidos pelas empresas.

3.1.3 O contrato

No instrumento contratual, minimamente devem se observar os seguintes requisitos:

3.1.3.1 Escopo

Nesse aspecto, deve-se atentar para definir claramente quais são os objetos do contrato, definindo as responsabilidades de cada agente. Esse item é importante, pois é o momento de balizar as expectativas tanto do contratante, quanto da contratada.

Esse processo se faz necessário para explicitar a percepção do que o contratante espera do produto e o que o contratado precisa projetar, produzir e entregar. Nesse momento, todos os fatores, especialmente prazos e custos, ficam expostos, para não deixar margem a interpretações ambíguas, embora normalmente seja necessário mais adiante revê-los para ajustes das expectativas sobre o produto.

3.1.3.2 Cronograma de fabricação e execução

No contrato deve constar as informações de cronograma de fabricação e execução dos componentes e elementos dos sistemas industrializados. Esse cronograma auxiliará na estimativa dos recursos de tempo necessários ao longo de cada etapa.

Recomenda-se também a utilização do cronograma físico-financeiro no qual constam as despesas mensais previstas para serem incorridas ao longo da execução da obra. Esse cronograma deve ser elaborado de forma que sirva de balizador, em fase posterior, para a análise das propostas apresentadas pelas empresas participantes. É importante destacar que, após o início das obras, sempre que o prazo e as respectivas etapas de execução forem alterados, há a necessidade de se adequar o cronograma físico-financeiro, de modo que esse sempre reflita as condições reais do empreendimento.

3.1.3.3 Preço e formas de pagamento

É recomendado apresentar o orçamento baseado no projeto executivo. Devido à necessidade de demandar maiores esforços na compatibilização de projetos, não é recomendado realizar o orçamento com o projeto básico como base.

Devem-se prever também as formas do pagamento que será realizado. Esse pagamento está atrelado à forma de contratação escolhida, que será abordado no item 5.3.

3.1.3.4 Requisitos de qualidade

O contrato deverá ter cláusulas referentes aos requisitos de qualidade explicitando de forma clara o atendimento pelo fornecedor das normas técnicas da ABNT aplicáveis. No caso da contratação de sistemas ou da edificação, a qualidade deverá ser garantida durante todo o processo construtivo, desde o projeto, fabricação dos componentes e elementos até a execução e montagem no canteiro.

3.1.3.5 Referência à forma de fiscalização e recebimento

No contrato deve estar explicitado o tipo e a periodicidade das inspeções e fiscalizações dos processos, além dos recebimentos dos serviços executados.

O Fabricante deverá fazer uma inspeção visual do material, mas não necessitará executar nenhum ensaio a não ser que a Contratada especifique nos Documentos Contratuais que ensaios adicionais devam ser feitos por conta do Contratante. Quando forem exigidos ensaios, o processo, a extensão, as normas e os critérios de aceitação deverão estar claramente especificados nos Projetos e nos Documentos Contratuais.

3.1.4 Definição das responsabilidades na contratação de sistemas industrializados

No processo de contratação há responsabilidades do agente contratante e dos agentes contratados.

3.1.4.1 Do contratante

- Liberação e manutenção dos acessos.
- Aprovação do projeto junto aos órgãos responsáveis.
- Obtenção do alvará de execução.
- Implantação do canteiro de obras.
- Prover pontos de abastecimento de água e energia elétrica.
- Gerenciar ou designar pessoa apta a gerenciar as interfaces da obra, no intuito de verificar a implementação dos diversos projetos do empreendimento.

3.1.4.2 Da contratada

- Providenciar junto aos Conselhos de classe as responsabilidades técnicas referentes ao objeto do contrato e especialidades pertinentes.
- Obter junto à Prefeitura Municipal ou administração local o alvará de construção e, se necessário, o alvará de demolição, na forma das disposições em vigor.
- Efetuar o pagamento de todos os tributos e obrigações fiscais incidentes ou que vierem a incidir sobre o objeto do contrato, até o recebimento definitivo pelo contratante dos serviços e obras.
- Manter no local dos serviços e obras instalações, funcionários e equipamentos em número, qualificação e especificação adequados ao cumprimento do contrato.
- Submeter à aprovação da fiscalização o plano de execução e o cronograma detalhado dos serviços e obras, elaborados em conformidade com o cronograma do contrato e técnicas adequadas de planejamento, bem como eventuais ajustes.
- Submeter à aprovação da fiscalização os protótipos ou amostras dos componentes e elementos, além dos equipamentos a serem aplicados nos serviços e obras-objeto do contrato.
- Realizar, por meio de laboratórios previamente aprovados pela fiscalização e sob suas custas, os testes, ensaios, exames e as provas necessárias ao controle de qualidade dos materiais, serviços e equipamentos a serem aplicados nos trabalhos.

3.2 Legislação e regulamentação de licitações e práticas de mercado para sistemas industrializados

A contratação de sistemas industrializados deve abranger minimamente os requisitos das respectivas normas técnicas e as legislações aplicáveis a esse tipo de sistema.

A ABNT possui normas especificas para construções industrializadas, além de outras normas prescritivas referentes aos materiais e componentes utilizados nessa prática. A adequação a essas normas é de extrema importância, já que garantem uma maior uniformidade dos produtos comercializados e o desempenho mínimo desejado. Parte dessas normas pode ser encontrada nas referências bibliográficas desse Manual, se

fazendo necessário a pesquisa de outras normas aplicáveis para cada sistema contratado.

Outro aspecto normativo que deve ser verificado no processo de contratação de sistemas industrializados para habitações é a adequação dos produtos a norma de desempenho, já mencionada anteriormente.

A contratação do sistema industrializado também deve estar em concordância com as Leis nacionais e as aplicadas para cada município.

3.2.1 Modalidade de licitação x Natureza do objeto

A Administração Pública, sempre que tiver interesse em contratar a execução de uma obra, a prestação de um determinado serviço ou o fornecimento de um bem, por força do disposto no artigo 37, inciso XXI, da Constituição Federal de 1988, deverá obrigatoriamente realizar licitação pública. A licitação, então, constitui regra geral, onde é exceção a contratação direta (seja por dispensa, seja por inexigibilidade de licitação).

Essa licitação, atualmente, pode ser realizada de duas maneiras: a) sob a égide da Lei nº 8.666/93 ; ou b) sob a égide da Lei nº 10.520/02.

Dentro da lógica da Lei nº8.666/93, a modalidade de licitação (art. 22) será definida de acordo com o valor estimado do objeto a ser contratado.

No Art. 23.

> *As modalidades de licitação a que se referem os incisos I a III do artigo anterior serão determinadas em função dos seguintes limites, tendo em vista o valor estimado da contratação:*
> *I - para obras e serviços de engenharia:*
> *a) convite - até R$ 150.000,00 (cento e cinquenta mil reais);*
> *b) tomada de preços - até R$ 1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais);*
> *c) concorrência: acima de R$ 1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais); quanto maior o valor, maior o conjunto de formalidades e, por consequência, de prazo.*

Por outro lado, por meio da Lei nº 10.520/02, ou seja, do pregão (presencial ou eletrônico), a Administração somente poderá contratar a aquisição de bens e serviços comuns, assim considerados "aqueles cujos

padrões de desempenho e qualidade possam ser objetivamente definidos pelo edital, por meio de especificações usuais no mercado" (art. 1º, parágrafo único), independentemente do valor do objeto.

Dito isso, a primeira observação vai justamente nesse sentido: definir em qual categoria a construção industrializada se enquadra (obra, serviço de engenharia, fornecimento de material com instalação ou, para fins de pregão, fornecimento de bem comum acrescido de serviço comum). Caso se enquadre como sendo obra ou serviço de engenharia, obrigatoriamente, deverá ser descartada a possibilidade de contratação por meio da modalidade pregão. Por sua vez, se tecnicamente puder se enquadrar como bem/serviço comum, deverá haver uma plena adequação do objeto, particularmente no que diz respeito aos padrões de desempenho e qualidade, como visto anteriormente, a partir de "especificações usuais no mercado".

3.2.2 Contratação direta (dispensa e inexigibilidade de licitação)

A licitação, como visto no item anterior, é a regra geral. Porém, conforme extrai-se da própria Constituição Federal (art. 37, inc. XXI, "ressalvados os casos especificados na legislação..."), a contratação direta é admitida tanto por dispensa de licitação, quanto por inexigibilidade de licitação.

As hipóteses de dispensa de licitação encontram-se descritas ao longo do art. 24 da Lei Federal nº 8.666/93. Trata-se de rol taxativo, o que significa dizer: para ser juridicamente viável a contratação, torna-se necessário que haja algum inciso dando respaldo de forma expressa. Ou seja, se não houver previsão legal específica, não será caso de dispensa de licitação.

Os casos de inexigibilidade de licitação são aqueles descritos no art. 25 da Lei nº 8.666/93 (rol exemplificativo). Porém, deve restar caracterizada a inviabilidade de competição. Segundo o entendimento de Carlos Ari Sundfeld (1994), em termos lógicos, a inviabilidade de licitação decorre: a) ou da singularidade do objeto pretendido; b) ou da unicidade de fornecedor; c) ou da especificidade da operação.

Apesar de a Lei prever a possibilidade de a Administração contratar de forma direta, isto é, sem a instauração de um procedimento licitatório regular, como regra geral, por cautela, a dispensa e inexigibilidade devem ser evitadas. Isso porque, de acordo com a própria Lei Federal nº 8.666/93, constitui crime, punível com detenção e multa, "dispensar ou

inexigir licitação fora das hipóteses previstas em lei, ou deixar de observar as formalidades pertinentes à dispensa ou à inexigibilidade" (art. 89).

3.3 Modelos de contratação para sistemas construtivos de edificações

São dois os tipos de contratos mais frequentes: o contrato por preço global e o contrato por preço unitário.

3.3.1 Preço global

Para contratos que estipulem preço global, todo o escopo de trabalho a ser executado pela Construtora/Montadora deverá estar detalhadamente definido nos Documentos Contratuais. Nesse tipo de contratação, o construtor/montador se responsabiliza por realizar e atender ao escopo e disposições contratuais, por um preço definido. Nesse caso, a principal condição de contratação é a disponibilidade de diretrizes fundamentadas no projeto executivo. O preço global traz garantias para o construtor/montador e o contratante.

3.3.2 Preço unitário

Para os contratos por preço unitário, todo o escopo do trabalho a ser executado pela Montadora, as especificações técnicas, as quantidades, os tipos dos materiais, as características de Fabricação e as condições de Montagem deverão constar dos Documentos Contratuais, que descreverão detalhadamente o trabalho a ser executado. Revisões nos Documentos Contratuais deverão ser confirmadas por pedidos de alteração ou de serviços extras. A emissão de uma revisão nos Documentos Contratuais será considerada como liberação para construção quando autorizada pelo Contratante. O valor do contrato e o cronograma deverão ser ajustados quando o escopo de trabalho e as responsabilidades da Montadora mudarem em relação ao previamente estabelecido nos Documentos Contratuais.

3.4 Termos de referência (para obras públicas)[4]

Quando se trata de obras públicas, recomenda-se, primeiramente, verificar se será um Projeto Básico ou um Termo de Referência (TR),

4
Com base em Conselho Federal de Administração, *Roteiro para elaboração de termo de referência* (CFA, 2011).

sempre analisando a modalidade de licitação, ou seja, Pregão ou outra modalidade de Licitação (dispensa ou inexigibilidade). Em caso de dúvida sobre o enquadramento da modalidade, recomenda-se verificar onde o objeto se enquadra em uma das situações apontadas nos Artigos 23 a 25 da Lei nº 8.666/93.

Deve estar clara a justificativa da necessidade da contratação, dentre outros: os benefícios diretos e indiretos, como ambientais, se houver, natureza do serviço, se continuado ou não, inexigibilidade ou dispensa de licitação, se for o caso e referência a estudos preliminares, se houver.

Quanto às especificações do objeto, deverá ocorrer o detalhamento das principais informações sobre a aquisição ou serviço. Sobre a quantidade, considera-se a relação entre a demanda e a quantidade de componentes, elementos ou serviço referente ao sistema a ser contratado, acompanhado, no que couber, dos critérios de medição utilizados.

De forma clara e objetiva, deverá ser apontado o local, ou os locais de entrega dos componentes ou elementos ou execução/montagem do sistema, bem como os horários disponíveis para recebimento ou execução dos mesmos.

O prazo para entrega dos componentes ou elementos ou início da prestação do serviço referente à execução/montagem do sistema deve estar claro, vinculado a uma data ou evento, normalmente essas datas estão atreladas à emissão da NE ou assinatura do Contrato.

O recebimento dos componentes, elementos ou serviços referentes ao sistema deverá ocorrer de forma provisória, para posterior verificação de conformidade do objeto, e definitivamente, após a verificação das especificações, da qualidade e quantidade dos mesmos.

Deverá ser informado como serão feitos o acompanhamento e a fiscalização dos serviços ou recebimento dos componentes e elementos, bem como o responsável ou área responsável.

3.5 Das medições e pagamentos

A Lei nº 8.666/93, ao tratar do procedimento e julgamento da licitação, traz uma série de elementos que devem constar tanto no edital de licitação, quanto na minuta do contrato que será futuramente firmado com a Administração. Dentre eles, vale destacar aquele que trata especificamente das condições de pagamento. Segundo a referida Lei, de forma geral, o edital deve contemplar condições de pagamento prevendo: a)

prazo de pagamento não superior a trinta dias, contado a partir da data final do período de adimplemento de cada parcela; b) cronograma de desembolso máximo por período, em conformidade com a disponibilidade de recursos financeiros; c) critério de atualização financeira dos valores a serem pagos, desde a data final do período de adimplemento de cada parcela até a data do efetivo pagamento; d) compensações financeiras e penalizações, por eventuais atrasos, e descontos, por eventuais antecipações de pagamentos; e) exigência de seguros, quando for o caso (art. 40, inc. XIV).

É de se notar, todavia, que a Lei nº 8.666/93 veda à Administração a possibilidade de realizar a antecipação de pagamento ao contratado, ao considerar como sendo adimplemento da obrigação contratual "a prestação do serviço, a realização da obra, a entrega do bem ou de parcela destes, bem como qualquer outro evento contratual a cuja ocorrência esteja vinculada a emissão de documento de cobrança" (art. 40, § 3º). Dessa forma, diferentemente do que pode ocorrer no mercado privado, perante o Poder Público, somente poderá haver o pagamento da parcela relativa ao objeto do contrato que tenha sido efetivamente adimplida.

No mesmo sentido é a orientação implícita contida no art. 55, inc. III, da Lei, ao dispor que são cláusulas necessárias em todo contrato as que estabeleçam o preço e as condições de pagamento, os critérios, data-base e periodicidade do reajustamento de preços, os critérios de atualização monetária entre a data do adimplemento das obrigações e a do efetivo pagamento. E isso, vale destacar, não poderá ser alterado em hipótese alguma durante a execução do contrato, conforme dispõe o art. 65, inc. II, alínea "c", da mesma Lei ("vedada a antecipação do pagamento, com relação ao cronograma financeiro fixado, sem a correspondente contraprestação de fornecimento de bens ou execução de obra ou serviço").

Por essa razão é de suma importância que o projeto e o cronograma físico-financeiro contemplem, desde a origem do processo licitatório, a possibilidade de pagamento após a conclusão de cada etapa do processo produtivo, desde a confecção dos componentes e elementos em fábricas e usinas que são acoplados no canteiro.

3.6 Fase interna da licitação

A Lei nº 8.666/93 dispõe que as licitações para a execução de obras e para a prestação de serviços devem sempre obedecer à seguinte

sequência: I – projeto básico; II – projeto executivo; III – execução das obras e serviços (art. 7º). Assevera também que as obras e os serviços somente poderão ser licitados quando: I – houver projeto básico aprovado pela autoridade competente e disponível para exame dos interessados em participar do processo licitatório; II – existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários; III – houver previsão de recursos orçamentários que assegurem o pagamento das obrigações decorrentes de obras ou serviços a serem executados no exercício financeiro em curso, de acordo com o respectivo cronograma; IV – o produto dela esperado estiver contemplado nas metas estabelecidas no Plano Plurianual de que trata o art. 165 da Constituição Federal, quando for o caso (art. 7º, § 2º).

Além disso, a Lei nº 8.666/93 ainda apresenta os diversos conceitos que são utilizados ao longo de seu texto, dentre eles, o de projeto básico. Observe-se:

Art. 6º [...]

> *IX – Projeto Básico – conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos:*
> *a) Desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;*
> *b) Soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;*
> *c) Identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;*

d) Informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;
e) Subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;
f) Orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados.

Partindo desse conceito legal, para viabilização de um projeto pautado em construção industrializada, é importante que a Administração Pública tenha todas essas informações técnicas em mãos, para que não haja qualquer questionamento por parte dos órgãos de controle externo (Ministério Público e Tribunal de Contas) ou até mesmo de eventuais interessados em fornecer o método de construção convencional.

3.7 Ajustes nos processos (legislação/regulamentação)

Na contratação de sistemas industrializados deve se levar em consideração algumas peculiaridades em relação aos sistemas convencionais. Os sistemas industrializados devem ser contratados levando em consideração a sua adequação à arquitetura do projeto e seus respectivos custos totais, não somente o menor preço.

Questões de qualidade como a existência de PSQ's, DATecs, ISO 9001 e outras avaliações de conformidade do produto (componentes, elementos ou sistemas) são itens relevantes na elaboração do contrato, já que asseguram que a empresa contratada possui avaliações externas de seus processos.

Assim como em sistemas convencionais, a contratação de sistemas industrializados deve ser realizada com empresas que atendam requisitos mínimos de sustentabilidade, seja no âmbito social, ambiental ou econômico. A verificação das condições de trabalho (Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho) da empresa contratada é de grande importância para evitar futuros processos jurídicos.

3.7.1 Cronograma

O cronograma contratual deverá indicar:

- Quando os projetos estarão liberados para Detalhamento.
- Quando o canteiro, elementos e interfaces destes estarão liberados e livres para a Montadora, de forma que a Montagem possa ser iniciada e prosseguir sem interferências ou atrasos causados pela Construtora ou por terceiros.
- O Fabricante e a Montadora deverão alertar a Fiscalização, em tempo oportuno, os efeitos de qualquer revisão no cronograma contratual.
- Se a Fabricação e a Montagem atrasarem significativamente devido a revisões nos requisitos do contrato ou devido a outras razões de responsabilidade de terceiros, o Fabricante e a Montadora deverão negociar com a Contratante a compensação pelos custos adicionais incorridos.

3.7.2 Formas de pagamento

O Fabricante poderá ser pago pela matéria-prima e pelos componentes e elementos pré-fabricados e transportados. A Montadora poderá ser paga pela medição de elementos e sistemas executados ou instalados, e, em alguns casos, peso calculado das peças efetivamente montadas. Outras formas de pagamento de Fabricação e Montagem poderão ser estipuladas nos Documentos Contratuais.

3.7.3 Detalhes projetuais

O contrato deverá dispor de cláusulas referentes ao nível de detalhamento dos projetos, por exemplo, paginação do sistema, etapas e detalhes de montagem, ligações e conexões, juntas, entre outros.

3.7.4 Adequação de mão de obra

As exigências de capacitação para o exercício das Ocupações do setor de industrialização são definidas pelas empresas Fabricantes e Montadoras, e cujos parâmetros podem ser definidos pelas recomendações de qualificação, escolaridade e experiência. Baseiam-se também na complexidade, abrangência e dimensão das atividades de cada empresa. Cabe também aos Fabricantes e Montadoras proporcionar os programas de treinamento e capacitação aos seus respectivos profissionais.

Nos Quadros 11 e 12 são reunidas algumas informações principais que podem ser observadas na contratação de sistemas construtivos industrializados.

Quadro 11: (checklist): Informações para a contratação de sistemas construtivos industrializados

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo:	Edificações habitacionais	Outras Edificações	Infraestrutura
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: Contratação	Item: Contratação		
Responsável pelas informações:	E-mail:		Telefone:
INFORMAÇÕES			
No contrato está especificado o modelo de contratação	SIM	NÃO	
O modelo de contratação é coerente com o tipo de serviço	SIM	NÃO	
As empresas selecionadas possuem os requisitos mínimos para a contratação (conhecimento técnico, responsáveis técnicos, mão de obra)	SIM	NÃO	
Foi efetuado o estudo de viabilidade técnica para o uso de sistemas industrializados	SIM	NÃO	
Estão atribuídas as responsabilidades para cada fase do processo de construção (projeto, fabricação e montagem)	SIM	NÃO	
No contrato está definido o escopo, o cronograma, as formas de pagamento, o controle de qualidade e as formas de fiscalização	SIM	NÃO	
INFORMAÇÕES			
No contrato estão definidas as datas de início e término da entrega dos componentes e elementos e dos serviços/ montagem sistema	SIM	NÃO	
As empresas seguem as recomendações das normas da ABNT	SIM	NÃO	
As empresas selecionadas possuem mão de obra coerente com o tipo de serviço	SIM	NÃO	

Quadro 12 (checklist): Informações para a contratação de sistemas construtivos industrializados para obras públicas

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo:	Edificações habitacionais	Outras Edificações	Infraestrutura
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: Contratação para Obras Públicas	Item: Contratação		
Responsável pelas informações:	E-mail:		Telefone:
INFORMAÇÕES			
No contrato está especificado o Regime de Licitação (Empreitada por preço global, empreitada por preço unitário, tarefa e empreitada integral)		SIM	NÃO
No contrato está especificado o Tipo de Licitação (Menor preço, melhor técnica, técnica e preço).		SIM	NÃO
As empresas selecionadas possuem os requisitos mínimos para a contratação (Habilitação jurídica, qualificação técnica, qualificação econômico-financeira, regularidade fiscal, entre outras determinadas pela Lei 8.666/1993)		SIM	NÃO
INFORMAÇÕES			
Foi efetuado o estudo de viabilidade técnica para o uso de sistemas industrializados		SIM	NÃO
Elaboração de todas as etapas de projeto suficientes para o processo licitatório (Estudo preliminar, Anteprojeto, Projeto básico e Projeto executivo), com suas respectivas licenças e aprovações emitidas por orgãos competentes		SIM	NÃO
Elaboração de Orçamento Detalhado		SIM	NÃO
Estão atribuídas as responsabilidades para cada fase do processo de construção (projeto, fabricação e montagem)		SIM	NÃO
No contrato está definido o escopo, o cronograma, as formas de pagamento, o controle de qualidade, as formas de fiscalização, casos de recisão, condições de garantia e manutenção por parte da contratada e demais itens previsto no Art. 55 da lei 8.666/1993		SIM	NÃO
No contrato estão definidas as datas de início e término da entrega dos componentes e elementos e dos serviços/montagem sistema		SIM	NÃO
As empresas seguem as recomendações das normas da ABNT		SIM	NÃO
As empresas selecionadas possuem mão de obra coerente com o tipo de serviço		SIM	NÃO

Obs.: Desenvolvido a partir do *Manual de Contratação do TCU: Obras Públicas – recomendações básicas para contratação e fiscalização de obras de edificações públicas*, 3ª edição.

4. Planejamento executivo do processo de produção de obras com um sistema industrializado

O sucesso do processo de produção de edificações com componentes, elementos ou sistema industrializado está diretamente relacionado à qualidade e ao seu planejamento executivo. O maior grau de precisão dos processos envolvidos exige maior integração dos agentes envolvidos (fornecedores de materiais, projetistas e executores) e das informações geradas e difundidas por estes, desde o projeto, passando pela execução, até a fase de manutenção dos produtos com a finalidade de aumentar o detalhamento do planejamento, bem como eliminar falhas e imprevistos devido a maior intolerância dos sistemas construtivos industrializados a esses tipos de problemas.

4.1 Projeto

O termo "projeto", embora tenha outras definições (ver no item referente a conceitos), é tratado por este Manual como a etapa de compilação e representação de informações técnicas necessárias à execução do produto ao qual se refere.

Em se tratando de construção industrializada, as informações apresentadas pelos projetos devem ser dotadas de especificações mais detalhadas do produto, como interfaces entre sistemas construtivos e demais componentes, determinação da forma de produção e interação entre as diversas instalações e a arquitetura – em se tratando de edificações.

O sucesso da etapa de projeto em construções industrializadas está diretamente relacionado ao sucesso da interação entre as informações geradas, assim como a determinação de alguns fatores intrínsecos ao processo de industrialização, entre eles, a coordenação modular.

A coordenação modular tem como principais benefícios os seguintes atributos:

- Melhorar a integração de informações entre os agentes.
- Reduzir variações dos componentes e ajustá-los a um padrão dimensional.
- Eliminar serviços de recortes e acertos no canteiro de obra, reduzindo perdas de materiais, tempo de execução e mão de obra.
- Simplificar a execução de obra.

- Facilitar a intercambialidade dos componentes, elementos e sistemas construtivos.

Conforme citado anteriormente, para que haja sucesso na fase de elaboração de projetos em construções industrializadas, é estritamente necessário um fluxo de informações coordenado entre projetistas, fornecedores de materiais e componentes e os responsáveis pela execução da obra, desde a etapa de concepção até o projeto para a produção.

Dessa forma, os fabricantes ou fornecedores de sistemas construtivos industrializados devem proceder a apresentação ilustrativa (com detalhamento gráfico) da concepção e da intercambialidade dos elementos e/ou sistemas construtivos com outros elementos e/ou sistemas, a exemplo de instalações, fundações etc. De posse dessas informações, projetistas devem elaborar projetos com alta precisão em termos de compatibilização, além de atender à construtibilidade do produto, o que se chama de projeto simultâneo. Posteriormente, deve ser desenvolvido o projeto para a produção, levando em consideração todos os aspectos citados anteriormente.

Após o desenvolvimento do projeto executivo, é importante a elaboração de um projeto para a produção, com informações para a montagem, tal como um manual de execução de tarefas, incluindo a ordem das atividades.

Além das informações gráficas, por meio de plantas de detalhes, o projeto para a produção deve conter memorial descritivo do sistema construtivo, incluindo sua descrição, bem como dos materiais constituintes, indicando as respectivas normas técnicas ou aprovação junto a instituições idôneas (exemplo: SIMAC ou SiNAT/PBQP-h; SBAC/ Inmetro).

Ainda relacionado ao processo de projeto, na última década se vivenciou o desenvolvimento de ferramentas computacionais com o intuito de facilitar a comunicação entre projetistas, bem como a execução dos itens anteriores, destacando-se a utilização da plataforma Building Information Modeling (BIM).

De acordo com Durante (2013), a plataforma BIM consiste na modelagem do produto em ambiente virtual com todas as características reais do mesmo, por meio da parametrização dos elementos, na qual o programador pode incluir características reais do componente ao modelo. Dessa forma, diferentes especialidades de projeto podem trabalhar

simultaneamente com diferentes focos a partir de um mesmo modelo, garantindo, assim, maior eficiência na compatibilização de diferentes projetos, maior capacidade de simulação e análise prévia do produto, maior planejamento de custos e execução da obra, entre outros benefícios.

Para que haja maior sucesso na utilização da plataforma BIM, são recomendadas algumas práticas, tais como:

- Presença de um Gerente BIM: é o agente que vai concentrar a organização dos trabalhos e os resultados através de atribuições exclusivas, como determinar o grau de envolvimento dos agentes e coordenação de suas atividades, identificar e determinar o nível de detalhamento, intermediar a resolução de conflitos técnicos e direcionar as análises do produto através dos modelos desenvolvidos.
- Normatização de arquivos base (Templates).
- Parametrização de Componentes a partir de informações divulgadas pelos fornecedores.
- Integração entre os diversos agentes.

Diante do exposto, embora não seja obrigatório, é recomendável a utilização da plataforma BIM no processo de projeto e planejamento de obras que utilizem sistemas construtivos industrializados, desde que sejam observadas as práticas citadas anteriormente.

No Quadro 13, é apresentado um *checklist* com algumas informações que podem auxiliar na tomada de decisões para a contratação de sistemas industrializados.

Quadro 13 (checklist): Informações de projeto para nortear a contratação de sistemas construtivos industrializados

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
CONTRATAÇÃO PROJETOS			
NOME DA CONTRATADA:			
ENDEREÇO CONTRATADA:			Edificações:
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	E-mail:	Telefone:	Infraestrutura:
REQUISITOS			
O projeto apresenta coordenação modular de acordo com a norma de modulação NBR 15873		SIM	NÃO
O projeto apresenta detalhamento e tratamento satisfatório das interfaces entre diferentes sistemas construtivos		SIM	NÃO
O projeto atende às especificações e restrições técnicas fornecidas pelo fabricante		SIM	NÃO
A empresa contratada é responsável por todas as especialidades cabíveis ao projeto		SIM	NÃO
Há compatibilização satisfatória entre os projetos de diferentes especialidades		SIM	NÃO
Há a contratação do projeto de produção da obra		SIM	NÃO
A empresa contratada para o projeto de produto é responsável pela elaboração do projeto de produção		SIM	NÃO
UTILIZAÇÃO PLATAFORMA BIM (REQUISITOS FACULTATIVOS)			
Contratação do Gerente BIM		SIM	NÃO
Elaboração de plano de utilização da plataforma BIM no projeto		SIM	NÃO
Todas as empresas envolvidas na elaboração do projeto de produto utilizam a plataforma BIM		SIM	NÃO
Há a compatibilidade de templates entre as especialidades de projeto		SIM	NÃO
Há a normatização do(s) template(s) utilizado(s)		SIM	NÃO
Houve o fornecimento das informações dos fabricantes para parametrização de componentes		SIM	NÃO
Houve a parametrização dos componentes utilizados no modelo BIM a partir da informação dos fabricantes		SIM	NÃO
A conversão da plataforma BIM para a Plataforma CAD é feita de forma normatizada		SIM	NÃO
Há Entrega do modelo BIM		SIM	NÃO

4.2 Viabilidade

Após a elaboração do Planejamento Preliminar, que contempla, entre outras atividades, a escolha do sistema produtivo e o fluxo de caixa do

empreendimento, e em paralelo a elaboração dos projetos do produto e a produção da obra, deve ser feito um estudo minucioso sobre todas as variáveis determinantes para a execução da obra a fim de viabilizá-la com o mínimo de recursos e o máximo de produtividade através dos seguintes tipos de planejamento: planejamento físico, planejamento financeiro e planejamento logístico.

4.2.1 Planejamento físico

Corresponde ao estabelecimento da sequência física das atividades de execução da obra. Esse planejamento decorre das informações traçadas pelo fluxo de caixa, no planejamento preliminar, bem como das informações dos projetos executivo e, principalmente, de produção.

4.2.2 Planejamento financeiro – orçamento analítico

O planejamento financeiro corresponde à elaboração do orçamento analítico. Matos (2010) define orçamento analítico como a "composição de custos dos serviços, com relação de insumos e margem de erro menor que a do orçamento preliminar".

Nessa fase, faz-se necessário o detalhamento do orçamento preliminar da obra a partir das informações geradas pela escolha do sistema construtivo e os detalhamentos provenientes da elaboração dos projetos de produto e produção, já que estes permitem a visualização mais clara dos insumos, quanto a especificação e quantidade, e atividades que irão compor a execução da obra.

4.2.3 Planejamento logístico

Segundo Carvalho (2005), "o planejamento logístico consiste, basicamente, na gestão da aquisição de materiais e serviços, de movimentação e armazenamento de equipamentos e materiais e de mão de obra". Nessa etapa, é de suma importância a participação da cadeia de fornecedores de materiais e serviços, pois são elaborados os marcos contratuais que determinarão os detalhes das operações entre fornecedores e contratantes.

O armazenamento, conforme as instruções do fabricante, também deve ser atentamente observado a fim de evitar avarias dos componentes, problemas contratuais e de execução e irregularidades no produto final.

4.3 Execução

Essa etapa corresponde ao plano de ação propriamente dito, em que são cumpridos os prazos e as estratégias de execução das atividades determinadas pelas etapas anteriores de planejamento. É quando ocorre também a transferência de conhecimento por parte dos fornecedores e o treinamento da mão de obra responsável por cada tarefa.

Sistemas construtivos industrializados necessitam de uma gestão dotada de maior rigor e controle das atividades, a fim de reduzir ações que não agregam valor, tais como o transporte e a espera de insumos dentro do canteiro, bem como a variabilidade de processos, aumentando a produtividade da execução e justificando a adoção desses sistemas.

É recomendável a utilização de técnicas de controle de obras para a gestão do empreendimento, como: Controle físico-financeiro, PERT – CPM, Curva S, Linha de Balanço e outras.

4.3.1 Mecanização do canteiro

A execução de obras em sistemas construtivos industrializados requer maior intensidade de mecanização das atividades. Questões relacionadas à especificação de equipamentos estão ligadas a fatores de viabilidade, como logística dos equipamentos, em que são analisados o transporte, acessos e espaço do canteiro; cronograma e orçamento, nos quais a análise de aquisição do equipamento é atrelada à ganhos de produtividade e ao aporte de investimento que o planejamento financeiro da obra permite.

Outro ponto a ser considerado na mecanização do canteiro é a forma de aquisição dos equipamentos, que pode ser feita por meio de aluguel ou compra. A forma de aquisição deve ser analisada por meio do volume de utilização ou quantidade de serviços e obras, pois quanto maior a quantidade de obras e serviços do equipamento maior será a diluição do investimento, tempo de utilização, espaço e logística do canteiro, custos de manutenção, vida útil e custo de depreciação.

Aspectos legais, como responsabilidade técnica por atividades de montagem de equipamentos e exigências de dispositivos obrigatórios de segurança, bem como a capacitação da mão de obra que irá operar os equipamentos também deverão ser atentamente analisados a fim de que se obtenha sucesso na implantação da mecanização da execução das obras em sistemas construtivos industrializados.

No item 6, referente a Fabricação, serão apresentados conceitos e *checklist* norteadores para avaliação da contratada, tendo como base o controle da qualidade, a garantia da qualidade e o sistema de gestão da qualidade.

4.4 Uso e manutenção

Após a definição e o detalhamento técnico dos elementos e dos sistemas a serem utilizados na obra, se faz necessária a elaboração de um manual do usuário que defina as práticas de utilização adequada dos mesmos, bem como o planejamento das manutenções preventivas e procedimentos a serem observados em caso de manutenções corretivas, seguindo o raciocínio disposto no item 2.1.5 (Manutenção preventiva, p. 55), a fim de garantir sua durabilidade e resistência.

É importante destacar que os sistemas devem ter sua utilização restrita aos fins para os quais foram projetados, de forma que qualquer sobrecarga ou mudança de uso deve ser feita sob consulta do projetista responsável. Este também deve ser consultado em caso de procedimento para proteção de elementos, como a estrutura quanto ao uso de produtos agressivos, como gases e ácidos. Vale frisar que a empresa fornecedora do sistema também deve ser consultada nos casos citados anteriormente, assim como em caso de dúvidas sobre o sistema.

5. Fabricação

Em se tratando de sistemas industrializados, o cliente pode não ser necessariamente o usuário final, mas por vezes uma construtora, uma vez que a contratação possui diversos arranjos produtivos, que permitem a contratação apenas de componentes ou elementos e não a totalidade do empreendimento. Como exceção tem-se os casos em que a indústria ou empresa também é a incorporadora de um determinado empreendimento.

A qualidade deve ser considerada de acordo com cada arranjo produtivo, conforme definido na conceituação de processo construtivo industrializado.

5.1 Introdução ao controle de qualidade

Pode-se dizer que um componente, elemento ou sistema industrializado tem qualidade quando atende aos requisitos de desempenho, à vida

útil esperada e quando o seu custo total (de execução e manutenção) não ultrapassa os valores esperados.

Sendo assim, pode-se afirmar que o controle de qualidade vai além da verificação de projeto e de um controle tecnológico e dimensional efetivo, estende-se à qualificação e ao comprometimento dos envolvidos no processo e especialmente à gestão das interfaces de projeto, produção e montagem. Isso porque toda a logística poderá não somente comprometer o processo, se tratada de forma inadequada, como interferir desfavoravelmente, não assegurando a integridade dos elementos que farão parte do sistema. As atividades de controle de qualidade devem assegurar que, após o sistema montado e durante a sua vida útil, os requisitos de projeto e das normas técnicas aplicáveis tenham sido atendidos.

A garantia da qualidade deve incidir não somente na fabricação, mas também na montagem, e em todas as etapas que as constituem (planejamento, projeto, montagem etc.). O Fabricante 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 manter um programa de garantia da qualidade para assegurar que seu trabalho esteja de acordo com as especificações das normas pertinentes. A Montadora deverá possuir qualificação e capacidade de executar a Montagem do sistema construtivo, devendo, para isso, fornecer equipamento, pessoal e supervisão proporcionais ao escopo, magnitude e qualidade exigíveis para cada obra.

Os itens a serem considerados, de forma geral, levando-se em conta àqueles que se diferenciam em relação a uma estrutura convencional são: controle do material recebido, controle dos materiais e componentes utilizados na fabricação dos elementos industrializados, identificação e rastreabilidade do produto e inspeção do processo nas etapas de projeto, produção e montagem.

5.2 Controle de qualidade na produção e na recepção

No processo de produção dos componentes, elementos ou sistemas industrializados na fábrica deve ser exercido o controle da qualidade nas diversas fases, envolvendo planejamento do produto, projeto, materiais, fabricação, garantia na instalação e assistência técnica após a instalação. Também são especificados os prazos recomendados para a manutenção do componente ou elemento após sua montagem na obra, considerando-se a vida útil.

Em termos de ferramentas, podem ser utilizadas, para o controle da qualidade da produção, gráficos e registros contínuos, enquanto na recepção são utilizados planos de amostragem e critérios de aceitação/rejeição. Desta forma, na contratação de um componente, elemento ou sistema industrializado, a contratada deverá assegurar que tem as variáveis que influem nos atributos sob controle na produção do produto, e ainda, que o produto resultante tem qualidade comprovada segundo critérios de aceitação/rejeição, e que há conformidade com o produto especificado no edital ou no contrato.

A garantia da qualidade envolve as especificações, os procedimentos, o controle da produção, da recepção e a documentação e arquivo.

5.3 Sistema de gestão da qualidade na contratada

É desejável, mas não obrigatório, que a contratada/fabricante do componente ou elemento possua um sistema de gestão da qualidade aplicado ao seu processo de produção, facilitando, dessa forma, a realização da garantia da qualidade, já que o processo, nesse caso, estará sob controle. Além dos aspectos técnicos do controle, são contemplados os aspectos organizacionais e de gestão.

Os principais procedimentos referentes ao sistema de gestão, segundo a NBR ISO 9001, são: manual da Qualidade (política da qualidade e objetivos da qualidade); controle de documentos; controle de registros; auditoria interna; controle de produto não conforme; ação corretiva e ação preventiva. É recomendável ainda que a contratada fabricante dos elementos industrializados mantenha: a) procedimentos operacionais para o controle do processo referentes ao planejamento da qualidade da fabricação do produto e ao controle dos equipamentos de produção e b) registros estabelecidos e mantidos para prover evidências da conformidade com os requisitos e da operação eficaz do sistema de gestão da qualidade.

5.4 Controle de qualidade na produção dos componentes e elementos na fábrica

Na fabricação, o projeto é tratado como o projeto do produto, já que a sua montagem e instalação somente serão feitas a *posteriori*. De acordo com a demanda da contratante, a contratada apresentará, segundo especificações claras do produto a ser produzido, e de acordo com normas técnicas e

documentos de referência pertinentes ao produto, documentos referentes ao estudo preliminar, anteprojeto e projeto detalhado do produto, incluindo o dimensionamento final com todos os detalhes dos materiais constituintes.

A contratada deve ter um procedimento formalizado para a especificação dos materiais utilizados para o projeto dos elementos contratados, e esse procedimtento deve ser aplicado à prática corrente da fábrica. Essa especificação deve ser feita com base em requisitos da ABNT ou outra norma correspondente, quando não houver norma da ABNT. Os principais aspectos a serem considerados pela contratante são resumidos no Quadro 14.

Quadro 14 (checklist): Requisitos do projeto do produto industrializado

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo	Edificações habitacionais:	Outras edificações:	Infraestrutura:
MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: controle de qualidade na produção:			Item: fabricação
Responsável pelas informações:		E-mail:	Telefone:
INFORMAÇÕES			
Qualidade do projeto do produto			
A contratada possui procedimento formalizado para a especificação de materiais que serão utilizados no projeto do produto, conforme normas técnicas da ABNT		SIM	NÃO
Qualidade da solução proposta em relação a aspectos técnicos		SIM	NÃO
Qualidade da solução proposta em relação a custo		SIM	NÃO
Qualidade da solução proposta em relação a prazo		SIM	NÃO
Qualidade da descrição da solução		SIM	NÃO
Qualidade da justificativa da solução para o projeto		SIM	NÃO
Qualidade da concepção do projeto do produto para as interfaces do projeto arquitetônico final da edificação. (Ex: apresenta detalhamento de interfaces de vedação com estrutura ou com instalações)		SIM	NÃO
Qualidade da concepção do projeto do produto considerando-se coordenação modular e o projeto arquitetônico final da edificação. (Ex: apresenta estudo modular para a sua aplicação no projeto arquitetônico final da edificação ou infraestrutura a ser construída)		SIM	NÃO

5.4.1 Nos materiais

A contratada deve ter um procedimento formalizado para a aquisição dos materiais que serão utilizados no produto, no qual é considerada a qualidade atestada pelas suas normas técnicas correspondentes e pela qualificação no SIMAC do PBQP-h. No caso de materiais ou componentes

importados que se enquadram na certificação compulsória do Inmetro, é obrigatória a apresentação do certificado. Todos os materiais e componentes utilizados na fabricação do produto devem ser provenientes de fornecedores legais, isto é, que possuam CNPJ e Licença ambiental.

Assim como na aquisição, a contratada deve ter um documento formalizado para o armazenamento de materiais e componentes, que, por sua vez, devem estar de acordo com normas ou recomendações utilizadas nas melhores práticas de canteiro ou fábricas: altura de pilhas, armazenamento horizontal ou vertical, por bitola (separação por bitolas) e outros. No Quadro 15 é apresentado um exemplo de procedimento de inspeção de materiais, sugerido por Souza, 1995.

Como exemplo de controle do recebimento de aço para estruturas de concreto, observa-se a atenção na manutenção dos certificados recebidos das siderúrgicas, checando os lotes indicados no momento do recebimento e estabelecendo correlação com a produção a fim de que haja a efetiva rastreabilidade na utilização. Cuidados devem ser tomados no armazenamento, que deve ser feito preferencialmente em local coberto, sem estocar diretamente no chão e não armazenar próximo a áreas de soldagem, especialmente para o aço de concreto protendido.

Quadro 15: Ficha de coleta de informações para inspeção de materiais (adaptado de Souza, 1995)

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA		
FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: requisitos do controle da qualidade na fabrica		Item: fabricação
Responsável pelas informações:	E-mail:	Telefone:

PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO DE MATERIAIS (EXEMPLO: SOUZA ET AL, 1996)		
Logotipo da empresa:	Sistema da qualidade Especificação de inspeção de materiais (EIM):	Departamento:
Material:		
Especificação para compra:		
Formação em lotes no recebimento na fábrica:		
Verificações e ensaios de recebimento:		
Critério de aceitação:		
Orientações para armazenamento:		
Obs:		
Elaborado/Revisado por:	Data:	

5.4.2 Na fabricação do componente ou elemento

A contratada deve entregar laudos periódicos à contratante, que comprovem a qualidade do produto da contratada.

De uma forma geral, a contratada deve ter, na fabricação do componente ou elemento, um procedimento formalizado de execução do serviço, que deve ser seguido na prática corrente da fábrica. Além disso, deve ter também um procedimento formalizado para inspeção do serviço.

A qualidade dos componentes e elementos fabricados industrialmente deve ser observada na fabricação. Essa qualidade é definida por uma série de propriedades ou atributos (provenientes da especificação) que são objeto de controle na fabricação

A partir das propriedades estabelecidas nas especificações para os componentes e elementos a serem fabricados, é possível estabelecer o controle da qualidade por meio, por exemplo, de gráficos de controle. Dessa forma, são retiradas amostras aleatórias diariamente ou em período estabelecido segundo as metas da produção, e são construídos gráficos de controle nos quais é possível visualizar por meio de médias as tolerâncias, a partir do que pode ser analisado se a produção está atendendo às especificações. A partir das especificações, também pode ser realizado controle de produção por atributos, incluindo listas de defeitos críticos, principais ou secundários, bem como critérios de aceitação/rejeição em função dos defeitos.

As especificações em geral incluem também a forma de efetuar o controle de recepção, deixando claro o tamanho dos lotes e os critérios de aceitação/rejeição. Em geral é feita inspeção por amostragem. No caso, porém, de elementos volumétricos ou unitizados (fachadas prontas unitizadas) de alto custo, como é o caso de uma fachada inteira ou mesmo um banheiro pronto, a inspeção pode ser a 100%.

No Quadro 16 são apresentadas algumas informações para a análise do controle de qualidade do produto na fábrica.

E no Quadro 17 são apresentadas informações sobre o sistema de gestão da qualidade da contratada, incluindo questões referentes à gestão, como objetivos e política da qualidade, existência e coleta de indicadores de desempenho, uso de ferramentas da qualidade, satisfação do cliente, assistência técnica, avaliação de fornecedores e outros.

Quadro 16 (checklist): Informações sobre o controle da qualidade na fábrica

MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Aplicação em sistema construtivo	Edificações habitacionais	Outras edificações	Infraestrutura
	FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: requisitos do controle da qualidade na fabrica		Item: fabricação
MANUAL DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA			
Responsável pelas informações:		E-mail:	Telefone:
CONTROLE DA QUALIDADE NA FÁBRICA			
PRODUTO FABRICADO			
Realiza controle da qualidade na produção dos componentes e elementos ou sistemas por variáveis		SIM	NÃO
Realiza controle de qualidade na produção de componentes, elementos e sistemas por atributos		SIM	NÃO
Executa controle da qualidade por meio de gráfico de controle		SIM	NÃO
CONTROLE DA QUALIDADE NA FÁBRICA			
Realiza controle de qualidade dos insumos na recepção por meio de amostragem estabelecida em normas técnicas		SIM	NÃO
Adquire materiais/insumos de empresas que possuem avaliação da conformidade no SIMAC/PBQP-h		SIM	NÃO
Adquire materiais/insumos que possuem avaliação da conformidade no SBAC/Inmetro		SIM	NÃO
Seu produto possui outro selo de qualidade		SIM: QUAL?	NÃO

Quadro 17 (checklist): Informações sobre o sistema de gestão da qualidade da contratada referente à conformidade do processo na fábrica

MANUAL DE INDUSTRIALIZADA			
Tipo de sistema construtivo	Edificações habitacionais	Infraestrutura	
	FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES: requisitos do sistema de gestão da qualidade da contratada (processo)		
Responsável pelas informações:		E-mail:	Telefone:
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE			
PRODUTO FABRICADO			
A contratada possui certificado de sistema de gestão da qualidade tipo ISO 9001		SIM	NÃO
Pratica coleta de dados referentes a indicadores de desempenho no processo		SIM	NÃO
Coleta e registra dados de redução dos acidentes		SIM	NÃO
SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE			
Coleta e registra dados de melhoria da qualidade de fornecedores de materiais		SIM	NÃO
Coleta e registra dados da satisfação dos clientes		SIM	NÃO
Coleta e registra dados de atraso em cronograma físico		SIM	NÃO
Coleta e registra dados da produção de entulho na fábrica		SIM	NÃO
Coleta e registra dados para redução de retrabalho na execução dos componentes ou elementos na fábrica		SIM	NÃO

5.5 Obrigatoriedade de cumprimento de prazos e medição na fábrica

Uma obra sem planejamento "termina quando acaba", ou seja, não existe controle sobre as atividades durante a execução e como consequência teremos uma total falta de previsibilidade e muito provavelmente, desperdícios e retrabalhos que significam tempo e custos adicionais que irão impactar negativamente no resultado da obra. Ter um planejamento físico-financeiro significa pensar antecipadamente nas atividades da obra, buscando o melhor resultado, e quando o planejamento é visitado e atualizado com frequência, torna-se uma importante ferramenta de gestão dos trabalhos de execução, com grandes benefícios.

Uma empresa se tornará mais competitiva com a implantação de novos equipamentos junto a uma organização gerencial moderna que representa o seu modelo de controle de recursos sem comprometer a qualidade dos seus produtos, ou seja, o planejamento. Dessa forma, devem

ser planejadas as diversas etapas ou atividades no processo de produção para que não haja imprevistos.

Como exemplo, tomando-se como base as construções em aço, tem-se, na sua ordem natural de precedência, o projeto (configuração estrutural, dimensionamento dos elementos) e o detalhamento (desenho de fabricação, listas de material, diagrama de montagem), a fabricação, envolvendo: a) Suprimento (perfis, chapas, parafusos, eletrodos, conectores, tintas; b) Preparação (procedimentos, gabaritos); c) Fabricação (cortes, furações, dobras, soldas); d) Jateamento (Limpeza mecânica ou jateamento); e) Pintura (aplicação de demãos de tinta dentro das especificações) e f) Montagem, envolvendo o transporte (tipo de transporte, gabaritos, arrumação da carga, licenças, seguros) e a montagem (canteiro, equipamentos, içamento, segurança). Cada uma das atividades quase sempre ainda pode ser desdobrada em muitas outras etapas, mas devemos tomar o cuidado com o nível de detalhamento escolhido para não ser detalhista demais perdendo o foco do objetivo do planejamento que é uma ferramenta de controle para atingir os resultados esperados para a obra.

A contratada deve cumprir os prazos estipulados e o tipo de medição estipulado em contrato para o produto, sendo que já no planejamento prévio assinará um termo de obrigatoriedade de cumprimento de prazo, com estipulação de multas no caso do descumprimento. A contratante, por sua vez, deverá cumprir com todas as suas responsabilidades, conforme estipulado em contrato com a contratada. No Quadro 18, é apresentado um modelo que pode ser utilizado para o termo de responsabilidade do cumprimento de prazo.

Quadro 18: Termos de responsabilidade do cumprimento de prazo conforme estipulado em contrato para produção dos componentes e elementos industrializados

CARIMBO com CNPJ da Empresa

NOME DA EMPRESA:

Endereço: _____; telefone: _____; e-mail:

DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DE CUMPRIMENTO DE PRAZO CONFORME ESTIPULADO EM CONTRATO PARA A PRODUÇÃO DOS COMPONENTES OU ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

A empresa X, situada ...., cadastrada no Cadastro Nacional Pessoas Jurídicas nº..., Inscrição Estadual nº..., representada neste ato por seu .., portador RG nº. ..e CPF nº..., vem por meio desta declarar, sob sua responsabilidade exclusiva, o compromisso de cumprimento de prazo conforme estipulado em contrato para a produção dos componentes ou elementos construtivos.

Sem mais e por ser expressão da verdade subscrevo. Local, Nome e Função
(assinatura com firma reconhecida em cartório)

6. Montagem

Planejar a montagem de uma obra com componentes ou elementos pré-fabricados ou industrializados é uma atividade essencial e sempre que possível deve anteceder a própria elaboração do projeto visando a sua otimização.

Tomando-se como exemplo a montagem de uma laje com elementos de aço, esta deve ser planejada previamente com o estudo de paginação, que pode ser feito pelo fornecedor do elemento ou pelo montador e deve incluir:

- Comprimento de cada elemento/painel em cada tramo.
- Direção das ondas ou nervuras em relação às vigas.
- Posição de início e fim das folhas do elemento com os arremates e vedações necessárias.
- Posição e dimensões dos recortes nos pilares e interferências.
- Posição de aberturas e armaduras de reforço.

Em relação às condições do terreno em que um determinado elemento industrializado será montado, é necessária sua análise, parte determinante para a sua viabilidade; dessa forma, as condições em que a mesma ocorrerá devem ser também consideradas como dados de entrada de projeto.

O planejamento da montagem é, antes de tudo, uma ação que visa prevenir situações que possam afetar a segurança dos envolvidos, a integridade do elemento ou estrutura industrializada e o cronograma proposto. A qualificação dos profissionais envolvidos na montagem, considerando principalmente a experiência, é pré-requisito para o seu planejamento.

No processo de planejamento da montagem é importante reconhecer a necessidade de se ter um plano de içamento, ou plano de *rigging*, que define tecnicamente as operações realizadas com equipamentos de transporte verticais móveis, como gruas e guindastes. Esse planejamento aumenta a segurança, reduz riscos humanos e aos equipamentos e otimiza o uso de acessórios.

Esse planejamento envolve:

- As condições de acesso tanto dos veículos que transportam os componentes e elementos quanto dos equipamentos que serão utilizados durante a montagem. A sequência de montagem dependerá dos portões de entrada e do layout a ser estabelecido no canteiro. Usualmente, as condições de acesso e obrigações são de responsabilidade do contratante e são previstas em contrato. Acessos adequados (firmes, nivelados e adequadamente compactados) são fundamentais, pois podem interferir na integridade dos elementos pré-fabricados, podendo aparecer fissuras decorrentes de torção e deslocamentos devido a carregamentos não previstos em projeto; além disso, podem danificar veículos de transporte e eficiência na movimentação de guindastes e a segurança.
- A identificação de obstáculos e riscos potenciais. Para isso, o local da obra deve ser inspecionado visando identificar obstáculos que possam interferir na mobilidade dos equipamentos de montagem. Esses obstáculos podem ser a rede de energia elétrica, galhos de árvores, construções na divisa que requerem cuidados especiais e edificações muito antigas vizinhas ao local da obra. Há também a possibilidade de cuidados especiais serem requeridos se o canteiro estiver próximo a aeroportos, hospitais etc. Além disso, os princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, e os requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho na utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, na etapa de montagem devem ser observados de acordo com a NR 12 (MTE, 2013).

- A avaliação de limitações pelo tamanho e peso dos elementos. A segurança e a eficiência de montagem são os principais aspectos a serem levados em consideração. A adequabilidade dos equipamentos em relação a esses parâmetros é determinante, sendo uma das principais razões pelas quais as condições de logística devem estar presentes desde a fase de projeto. É de extrema importância que as informações a respeito dos elementos estruturais estejam disponíveis no canteiro de obra.
- A definição dos equipamentos, na qual a partir das etapas anteriores, devem ser definidos os prováveis locais onde os equipamentos serão mobilizados. Com base nessa locação, peso e tamanho dos elementos serão definidos os equipamentos. Considerações específicas sobre o equipamento proposto definirão o raio de trabalho, o centro de gravidade e os ângulos a serem adotados. Além dos equipamentos propriamente ditos como gruas, guindastes e outros, os equipamentos auxiliares como balancins, cabos de aço e demais devem ser previstos.
- Elaboração do Plano de Montagem, na qual devem ser considerados os aspectos contratuais, incluindo requisitos específicos do cliente quando aplicáveis. Devem ser definidas as responsabilidades, inclusive na interface entre o contratante e os demais envolvidos, bem como a(s) equipe(s) de montagem qualificada.
- O número de equipes de montagem. Esse número pode variar de acordo com o cronograma estabelecido em contrato.
- O cronograma, analisado criticamente, incluindo suas interfaces com produção e demais atividades que possam estar ocorrendo simultaneamente. O cronograma deve ser considerado para a definição da sequência de montagem, na qual são previstos procedimentos a fim de manter o elemento ou a estrutura estável e limitar a inserção de cargas excêntricas. O responsável pela elaboração do plano deverá também avaliar como e quando as ligações serão completadas, condições climáticas e acessos à execução das mesmas. A relação de peças estabelecidas conforme essa sequência deverá estar disponível junto à produção e expedição do fornecedor dos elementos pré-fabricados. A quantidade de cargas diárias deve estar compatível com o cronograma e com as frentes de trabalho e/ou áreas de estocagem a fim de evitar atrasos de cronograma e congestionamento no canteiro.
- A verificação do projeto, seu detalhamento completo e compreensão, para dirimir possíveis dúvidas junto ao projetista. Devem ser verificadas as ligações previstas provisórias e definitivas. Também deve ser

avaliado o grau de complexidade das mesmas e a disponibilidade e o prazo em que devem estar disponíveis os materiais e equipamentos para sua execução. Deve ser previsto o planejamento do "grouteamento" e concretagens no local quando aplicáveis, como de concreto de solidarização de ligações e/ou de capa estrutural.

- Considerações a respeito de Segurança. Para isso devem ser verificados no projeto de montagem os aspectos relevantes com relação à estabilidade do elemento ou da estrutura, ligações provisórias e outras orientações ou procedimentos indicados pelo projetista da estrutura. Devem-se levar em consideração as normas regulamentares aplicáveis como a NR-18 e NR-7.
- Interfaces com a locação e/ou condições de elementos moldados *in loco* com a montagem subsequente dos elementos industrializados. Deve-se verificar a locação das fundações independente de terem sido executadas pela própria empresa que está fornecendo os elementos ou a estrutura.
- Interfaces com obras híbridas ou mistas. Dependendo do projeto da obra em questão elementos pré-fabricados ou industrializados de concreto poderão estar sendo montados sobre elementos estruturais já moldados no local ou estruturas metálicas. É recomendável a verificação da estrutura existente anterior à montagem, a fim de evitar que possíveis desnivelamentos, desaprumos e alinhamentos possam afetar a montagem subsequente.

A análise de desempenho da etapa de montagem deve levar em consideração as verificações da integridade dos elementos recebidos no canteiro de obras, que podem, desde a inspeção final das fábricas, terem sofrido eventuais danos durante o transporte a fim de que se possa decidir pela montagem ou identificar possíveis correções posteriores. Estando íntegros os elementos, deve ser verificado também o atendimento das tolerâncias de montagem e de fabricação especificado em Projeto. Atenção especial deve ser dada para o caso dos pilares, pois uma vez atendidas as tolerâncias para esses elementos, reduzem-se as possibilidades de problemas de montagens para os elementos posteriores (vigas e lajes).

6.1 Método de montagem

É prerrogativa da Montadora a escolha do processo e da sequência de montagem. Os preços apresentados para a execução da Montagem sempre serão resultantes das premissas adotadas pela Montadora. Se o

Contratante desejar determinar o método de Montagem de uma ou mais peças específicas do componente ou elemento, ele deverá especificar esse método antes da apresentação das propostas de Montagem.

6.2 Condições do canteiro

A Construtora responsável pela obra ou empreendimento será responsável por proporcionar à Montadora um canteiro de obras de acordo com as seguintes condições:

- Vias adequadas de acesso ao canteiro e dentro dele, para que a descarga e a movimentação dos componentes e elementos possam ser feitas com segurança, como também o livre trânsito de guindastes, caminhões e outros equipamentos.
- Terreno firme, adequadamente nivelado, drenado e suficientemente amplo de forma a atender a operação dos equipamentos de montagem.
- Terreno livre de interferências aéreas ou na superfície, como: cabos de energia elétrica, linhas telefônicas ou outras condições.
- Espaço adequado para armazenagem, de modo que os componentes e elementos descarregados não ocupem todo o espaço disponível no canteiro, permitindo que a montadora opere com a maior agilidade possível.

A Construtora será responsável pela locação exata de alinhamentos e precisão topográfica das bases no canteiro, devendo fornecer à montadora uma planta completa com todas as informações necessárias à montagem. A Construtora deverá ainda estabelecer para uso do montador as linhas de referência dos eixos e as referências de nível para a elevação no posicionamento dos itens ajustáveis, se existirem.

A adequação desses itens deverá ser verificada pela montadora em visita prévia ao local da obra. Caso as condições existentes no canteiro na ocasião da visita divirjam das anteriormente estabelecidas, o fato deverá ser comunicado à fiscalização para que o seu cumprimento seja providenciado antes da mobilização da montadora.

6.3 Proteção contra acidentes

O montador deverá providenciar plataformas, cabos-guia, corrimãos, escadas de acesso, passarelas e outras proteções contra acidentes

e quedas para seu pessoal de montagem, como exigido pela legislação e pelas normas de segurança do trabalho. É permitido ao montador remover os dispositivos de segurança das áreas onde os trabalhos de montagem estejam concluídos.

O fornecimento e a instalação de proteção contra acidentes para utilização de terceiros que não estejam diretamente envolvidos na montagem devem ser de responsabilidade da construtora.

Quando a montagem de um componente ou elemento estiver terminada e a proteção contra acidentes fornecida pela montadora for deixada voluntariamente na área para o uso de terceiros, a construtora deverá:

- Assumir a responsabilidade da manutenção dessa proteção contra acidentes;
- Indenizar o montador por danos que possam ocorrer devido ao seu uso por outras empresas;
- Assegurar que essa proteção cumpra com os regulamentos de segurança quando for utilizada por outras empresas;
- Remover essa proteção quando não mais for necessária e devolver à montadora nas mesmas condições em que foi recebida.

A presença de materiais, equipamentos e pessoal de terceiros para execução de outros serviços simultâneos não deverá ser permitida até que a montagem do componente ou elemento ou parte dele esteja concluída pelo montador e aceita pela Fiscalização. Elementos cujo cronograma de construção requeira a simultaneidade de serviços de terceiros com a montagem, exigirão um rigoroso planejamento de forma a garantir as condições de segurança para todos os envolvidos.

6.4 Interfaces e alterações nos sistemas

As interfaces dos sistemas industrializados com outros elementos da edificação devem ser previstas e antecipadas, minimizando conflitos. Em caso de necessidade de interferência em qualquer subsistema, seja o industrializado ou outro, visando permitir a execução de serviços necessários, empreiteiras e projetistas devem ser informados, e compatibilizações de soluções, exercitadas.

Dessa forma, deve ser vetado ao fabricante e ao montador cortar, furar, ou alterar de qualquer outra forma os componentes ou elementos para atender às necessidades de outros serviços e empreiteiras, assim como deve

ser vetado à construtora ou outro empreiteiro fazer recortes, aberturas ou alterações em quaisquer peças sem autorização do projetista responsável.

Quando ocorrer conflitos ou necessidade de modificações for especificado, a fiscalização e o projetista deverão fornecer, num prazo adequado, a documentação com todas as informações necessárias, como detalhes, materiais, dimensões, posição, entre outros, de forma a não atrasar os trabalhos de fabricação e de montagem.

Os custos de eventuais alterações deverão ser minimizados pela adoção de métodos eficientes e econômicos que serão assumidos conforme especificado nos documentos contratuais.

6.5 Manuseio e armazenagem

A montadora deverá tomar precauções adequadas no manuseio e na armazenagem dos componentes e elementos durante as operações de montagem de forma a evitar deformações, danos à pintura (quando for o caso) ou o acúmulo de sujeira.

A montadora será responsável pela correção de eventuais danos aos componentes e elementos e à pintura que possam ter ocorrido, ou pela remoção de sujeira que possa ter-se acumulado durante a armazenagem e a montagem do elemento no canteiro. A montadora não será responsável pela remoção de resíduos resultantes das atividades da construtora ou de terceiros.

Após o término da montagem o montador deverá remover todos os seus escoramentos provisórios, resíduos e construções temporárias.

7. Monitoramento da obra para sistemas construtivos

O plano de monitoramento tem por objetivo atestar a conformidade dos componentes e elementos empregados e dos serviços executados na obra, incluindo a montagem, com a documentação apresentada.

Sendo assim, a conformidade deve ser atestada a partir da análise do projeto, da análise da qualidade da fabricação dos componentes e elementos e da qualidade na montagem, o que requer acompanhamento e controle do processo, com apresentação de resultados de ensaios tecnológicos pela contratada. O resultado deve ser apresentado no formato de relatório de cada etapa, seja da fabricação ou da montagem. Será emitido um relatório final conclusivo, atestando o Desempenho Completo do Sistema Construtivo industrializado.

A verificação de cada componente/elemento deve ser realizada de acordo com o projeto apresentado, as especificações técnicas e a análise da documentação técnica aprovada, indicando medidas corretivas adequadas para cada situação, caso sejam encontrados problemas/diferenças em algum item verificado.

O monitoramento prevê duas formas de verificação da qualidade e conformidade:

7.1 Durante a fabricação/execução

Na etapa de fabricação/execução e até a entrega de cada componente, elemento ou sistema construtivo (elementos de estrutura, vedações e outros), a verificação deve ocorrer por meio de fichas de acompanhamento, sendo realizada e assinada pelo responsável técnico do empreendimento.

Cada ocorrência de uma não conformidade com relação aos projetos e/ou especificações técnicas deverá ter uma ação corretiva proposta e executada antes da finalização do serviço.

A contratante deve estabelecer, para o monitoramento, um período; por exemplo, no término de cada 25% das unidades fabricadas/executadas deve ser emitido um relatório que resume, por meio de gráficos, todas as informações coletadas, monitoradas e analisadas.

7.2 Após a montagem e conclusão da obra

A empresa contratada, por meio de uma terceira contratada (independente), conforme termo de responsabilidade assinado e entregue à contratante no planejamento prévio (Quadro 8), deve monitorar a edificação, por meio de Registro do Relatório de Monitoramento da Obra. Esse monitoramento deve abranger um período predeterminado, sendo estabelecida também a frequência da elaboração e apresentação de relatórios de ocorrências de eventuais patologias identificadas no sistema construtivo, gerando assim relatórios periódicos por tipo de ocorrência.

Na hipótese de ocorrências identificadas, são adotados procedimentos de reparação e ajuste de todos os itens referentes a essas ocorrências, até se chegar à perfeita e completa sintonia entre materiais aplicados, elementos e suas interfaces.

O relatório final deve apresentar a síntese dos problemas apontados nos relatórios parciais, as soluções propostas e os eventuais aprimoramentos

executados ou considerados necessários para a melhoria do desempenho do sistema construtivo.

7.3 Plano de monitoramento

No plano de monitoramento, são consideradas a sua periodicidade e a forma de acompanhamento ou monitoramento, que devem ser feitas de acordo as especificidades de cada sistema.

Para o caso da utilização de um ou mais sistemas adotados, podendo inclusive ser de sistemas industrializados e convencionais é de fundamental importância o monitoramento das interfaces entre esses sistemas, de acordo com as recomendações de projeto e normas técnicas aplicáveis, bem como estabelecer os requisitos de controle, para o sistema convencional também presente, na solução adotada.

7.4 Aceite da obra

O processo de aceite da obra requer que se certifique que todo o escopo foi cumprido de acordo com o contrato estabelecido. É importante que seja feita a avaliação do aspecto visual dos componentes e elementos, seu acabamento, sua regularidade dimensional, suas ligações e demais serviços complementares.

Em caso de eventuais dúvidas relativas à interface com outros sistemas, o contratante pode e deve solicitar assistência por parte da empresa de sistemas pré-fabricados ou industrializados.

Deve-se elaborar um *checklist* contendo:

- Termos do contrato;
- Documentação (ART);
- Notas Fiscais e Guias do INSS e ISS;
- Garantia;
- Manual do proprietário e de manutenção;
- As Built (projeto final – “como construído”).

Observa-se que as garantias estarão definidas no Manual do Proprietário em função do escopo do contrato e projeto (Manual Descritivo e Garantias dependem da solução e tipologias adotadas para cada empreendimento).

Figura 87: Terminal rodoviário urbano de integração do BRT de Belo Horizonte, em estrutura híbrida, pilares pré-fabricados de concreto e cobertura metálica

8.5 Sistema construtivo industrializado em wood frame

O sistema construtivo wood frame aplicado no Brasil é derivado de uma evolução dos sistemas leves em madeira. Essa evolução, do uso de peças longas para peças curtas foi impulsionada na Idade Média com o Sistema Enxaimel, muito utilizado no Brasil em regiões de colonização alemã, como no estado de Santa Catarina. Os imigrantes europeus levaram a técnica da construção em madeira para a América do Norte, onde, durante a Revolução industrial, o sistema evoluiu para os Sistemas Nervurados. Em 1833, o Sistema Balão foi criado nos Estados Unidos, onde a seção transversal das peças de madeira foi reduzida, e no fechamento das paredes eram utilizadas tábuas de madeira que contribuíam para a rigidez estrutural do conjunto. Nesse sistema, as peças delgadas eram pouco espaçadas e iam de forma contínua desde a fundação até o telhado. Por volta de 1920, o Sistema Balão evoluiu para o Sistema Plataforma, no qual peças curtas eram utilizadas no lugar de peças longas de madeira. Esse sistema nervurado, composto de planos horizontais formando o piso de cada pavimento, sobre os quais são sobrepostos os planos verticais formando as paredes, permitiu que a logística e a montagem das edificações fosse facilitada, além de tornar o uso de madeiras mais jovens viável. Salienta-se também que o Sistema Plataforma (Figura 88) sobrepujou o Sistema Balão por apresentar um melhor desempenho em relação ao fogo.

Após a Segunda Guerra Mundial, surgiram as treliças pré-fabricadas para telhados, que utilizavam conectores metálicos estampados, o

que levou a construção civil para a escala industrial. A partir de 1960, os painéis de parede produzidos em fábrica deram início aos Sistemas Panelizados, de onde surgiram as casas modulares e posteriormente as casas industrializadas (DIAS, 2005; VELLOSO, 2010).

Figura 88: Perspectiva dos subsistemas que compõem a edificação construída no Sistema Plataforma (Fonte: Velloso, 2010)

O sistema construtivo wood frame brasileiro é o produto de um processo industrializado de fabricação de painéis estruturais para a montagem de edificações, sendo sua principal matéria-prima a madeira proveniente de florestas plantadas. No Brasil, no início do século XXI, houve experiências com o wood frame em iniciativas acadêmicas com parceria de algumas empresas ligadas à cadeia da madeira. Porém, considera-se como marco o ano de 2010, quando a Comissão Casa Inteligente foi fundada em Curitiba, Paraná, dentro da FIEP – Federação das Indústrias do Paraná – para abrigar uma comissão formada por empresas, pesquisadores e fornecedores ligados ao sistema wood frame. A demanda do setor da construção civil, que possui proporções impactantes e, ainda assim, com processos artesanais, inspirou a Casa Inteligente a buscar soluções tecnológicas na Alemanha, mais especificamente em Baden-Württemberg, que pudessem ser adequadas às necessidades da sociedade brasileira, assim como passíveis de adaptação aos materiais e à mão de obra nacional. A concepção do wood frame a ser aplicado no Brasil passou pela industrialização das atividades construtivas, visando à racionalização, eficiência, produtividade e qualidade.

Em 2010, o Gerente de Engenharia de Produto da Tecverde, uma das empresas membro da Casa Inteligente recebeu treinamento na Alemanha e no Brasil através das duas principais empresas de consultoria alemãs para projeto em wood frame, Baumeister & Sapper e Sema-soft. Uma

das primeiras constatações foi a importância da correta representação dos elementos e dos componentes em wood frame nos projetos arquitetônicos e verificou-se que, conforme ocorria na Alemanha e em outros países onde o wood frame é um sistema convencional de construção, os projetos arquitetônicos necessitam ser pensados à luz do sistema construtivo a ser aplicado. Essa questão se apresentou como desafio no Brasil, um local onde a cultura arquitetônica e as soluções técnicas são voltadas para a aplicação da alvenaria e concreto.

Nacionalmente, por se tratar de um sistema inovador, o sistema wood frame teve que passar por um processo de avaliação de normas técnicas internacionais, estudo de processos e do produto final, entre a Casa Inteligente e o IPT, que culminou com o desenvolvimento da Diretriz SiNAT 005 (2011). O Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SiNAT) é uma iniciativa da comunidade técnica brasileira para operacionalizar a avaliação de produtos inovadores na construção civil brasileira. Para um produto inovador ser aprovado pelo SiNAT, precisa apresentar um Documento de Avaliação Técnica (DATec) que deve ser redigido por uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA) que indica o atendimento do sistema às normas nacionais e cumprimento dos requisitos de desempenho.

Após o desenvolvimento da tecnologia wood frame para Habitações de Interesse Social em 2012, o sistema foi homologado no Ministério das Cidades em 2013 (DATec 020 Sistema Construtivo Tecverde), ambos documentos ilustrados na Figura 89.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação
Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)
Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT)

Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos
DIRETRIZ SINAT
Nº 005
Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas
(*Sistemas leves tipo "Light Wood Framing"*)

IFBQ FALCÃO BAUER
Produto
Sistema construtivo TECVERDE: "Sistema leve em madeira"
Tecverde
PBQP SINAT
Rua Aquinos, 111 Água Branca 05036-070 - São Paulo/SP Tel/Fax (11) 3611-1729 www.ifbauer.org.br inovacons@ifbauer.org.br
Proponente
TECVERDE Engenharia Ltda.
Rua Inácio Lustosa, 761.
CEP: 20510-000 – Curitiba – Paraná
Tel.: (41) 3209-2431 – www.tecverde.com.br
Emissão outubro de 2013
Validade setembro de 2015
Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto Falcão Bauer da Qualidade, IFBQ, e a decisão do Comitê Técnico, de 11/10/2013 (por meio virtual), a Comissão Nacional, em sua reunião de 28/10/2013 (por meio virtual), resolveu conceder ao "Sistema construtivo TECVERDE: sistema leve em madeira" o Documento de Avaliação Técnica Nº 20. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o sistema construtivo, destinado à construção de unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas ou geminadas, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.
DATec Nº 20
Limites da avaliação técnica do sistema construtivo TECVERDE – Sistema leve em madeira:
- Para a avaliação do sistema construtivo considerou-se como elementos inovadores as paredes externas e internas formadas por quadros estruturais em peças de madeira serradas autoclavadas. O fechamento da face externa das paredes de fachada é realizado em chapas de OSB com função de contraventamento revestidas de placas cimentícias com tratamento de juntas aparentes. O fechamento da face interna das paredes de fachada e de ambas as faces das paredes internas é realizado em chapas de gesso acartonado para *drywall*.
- Os componentes e elementos convencionais, tais como fundações, sistema de cobertura, chapas de gesso acartonado para *drywall*, caixilhos, instalações hidráulica e elétrica devem atender às normas

Figura 89: Diretriz SiNAT 005 e DATec 020

A empresa alemã Homag-Weinmann auxiliou na industrialização do processo em 2010, para fomentar a implantação da primeira fábrica de wood frame no município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, com 400 m². Na fase inicial, a equipe de produção era composta por seis

funcionários e eram produzidos apenas painéis abertos, sendo a produtividade de 80 m^2/dia. A segunda fábrica de wood frame foi instalada em 2012 no município de Pelotas (RS) em parceria com a construtora Roberto Ferreira, em um espaço de 1.600 m^2. A unidade industrial foi planejada para a produção do Residencial Haragano (270 sobrados de 47 m^2 e 10 casas térreas com previsão de acessibilidade e preparadas para receber deficientes visuais). A produção das casas foi realizada em um prazo até 6 vezes menor em relação à construção convencional.

O wood frame não impulsiona apenas o setor da construção civil, mas todo o setor ligado à indústria da madeira e seus derivados. Somente em 2012, segundo a ABIMCI, as indústrias de base florestal e a de madeira processada mecanicamente foram responsáveis por 2,5% dos empregos gerados no Brasil e por um superávit de 43,5% do total do país. Ações como o desenvolvimento da tecnologia em que é baseado o wood frame nacional estimulam o aumento do uso da madeira, e também cobram por produtos certificados e normalizados, com maior valor agregado, de modo a atender à demanda nacional por moradias com velocidade, custo competitivo e ganho em escala.

8.5.1 Descrição do sistema

Atualmente, nos Estados Unidos e Canadá, o sistema wood frame é construído a partir das técnicas do Sistema Plataforma. Este pode ser aplicado em quatro formas: kits pré-cortados, *panelized homes*, *modular homes* e *manufactured home*. As casas montadas a partir de kits pré-cortados são a forma mais tradicional e artesanal de construção, caso em que toda a estrutura da casa é montada diretamente no canteiro de obras. As *panelized homes* respondem pela maior parte das edificações norte-americanas, país onde são utilizados componentes industrializados, como painéis de parede e treliças industrializadas, o que garante maior valor agregado e confiabilidade do produto. No caso das *modular homes*, estas são uma evolução das casas panelizadas, caso em que são fabricados módulos tridimensionais, com esquadrias já instaladas e instalações já embutidas. No caso da *manufactured home*, também conhecida como *mobile home*, esta é transportada pronta para o canteiro de obras e instalada sobre um chassi metálico (VELLOSO, 2010).

Dias (2005) expõe que a madeira apresenta características próprias e propriedades físicas e mecânicas que a qualificam como material capaz

de prover edificações seguras, confortáveis, duráveis e com grande versatilidade de estilos e soluções para os espaços construídos. Segundo Velloso (2010), os sistemas construtivos leves em madeira, especialmente o Sistema Plataforma, já são consagrados em países europeus, no Japão, Canadá e Estados Unidos e empregam técnicas que evoluíram ao longo do tempo e hoje são capazes de oferecer vantagens que vão além da pré-fabricação e consequentemente redução da mão de obra na execução.

O setor da construção em madeira japonês é o segundo maior do mundo, ficando apenas atrás do norte-americano. Salienta-se que este fato é ainda mais surpreendente devido à população japonesa contar com metade da população, o que torna o mercado japonês o maior consumidor de materiais para construção em madeira no mundo (AWC, 2008 apud VELLOSO, 2010).

O wood frame, segundo a Diretriz SiNAT 005 (2011), é um sistema construtivo estruturado por peças de madeira maciça serrada com fechamento em chapas delgadas. Os componentes de fechamento externo podem ser constituídos de chapas delgadas tipo OSB, de chapas de madeira compensada, outras chapas de madeira ou chapa cimentícia. Os mesmos elementos podem ser aplicados para fechamentos internos, juntamente com as chapas de gesso acartonado para *drywall*. A madeira deve ser de origem legal, proveniente de florestas plantadas ou florestas nativas, com desmatamento ou manejo florestal aprovado pelo IBAMA.

A Figura 90 ilustra um painel multicamadas no sistema wood frame executado no Brasil. Este segue um dos possíveis modelos apresentados na Diretriz SiNAT 005 (2011).

Figura 90: Painel multicamadas no sistema wood frame (Fonte: Tecverde, 2015)

A fundação do sistema wood frame é convencionalmente executada em sistema radier de concreto, sendo simplificada devido ao baixo peso dos componentes do sistema. Além do tratamento químico com função de preservação para as madeiras de florestas plantadas, todas as peças de madeira ficam envoltas por chapas e membranas. A membrana hidrófuga que vai na face externa sobre o OSB possui a função de controlar a umidade e o vapor que atingem a habitação. Ela impede que o vapor e a umidade externa entrem nos painéis e possibilita que o vapor e a umidade interna sejam liberados, permitindo a respiração da habitação. Após a membrana são utilizadas placas cimentícias e textura, garantindo o acabamento e a durabilidade do sistema.

Na Figura 91 é possível observar o uso do OSB (*Oriented Strand Board* – placa estrutural feita de derivados de madeira) nas faces do painel, como opção de contraventamento da estrutura.

Figura 91: Vista de uma habitação de alto padrão executada em wood frame no Brasil

Inicialmente, o wood frame produzido nacionalmente foi desenvolvido para se trabalhar com Painéis Abertos, ou seja, eles eram compostos pelos Montantes de Pinus + OSB + Membrana Hidrófuga + Placa Cimentícia. Depois de serem produzidos em ambiente fabril, os painéis eram levados para o canteiro de obras para o processo de montagem. Durante esse processo de colocação dos Painéis Abertos, o objetivo era encapsular a casa no menor tempo possível, ou seja, montar os Painéis no Radier e colocar a Cobertura. Depois desse processo, eram realizadas as instalações elétricas e hidráulicas em campo e preparavam-se as chapas de OSB (marcações conforme as prumadas, seguidas de recorte) para se realizar o chapeamento. Concluída essa etapa, eram colocadas as placas de gesso acartonado.

A partir de 2013, foi desenvolvido o sistema de Painéis Fechados, ou seja, em ambiente fabril o painel é produzido com todos os elementos das camadas, incluindo a parte elétrica e hidráulica interna, e no canteiro eram feitos apenas os arremates finais, ou seja, as paredes vão para obra pronta para pintura. Os Painéis Fechados já são enviados com os contramarcos e hidráulica e elétrica completas, ou seja, prontos para o acabamento final. Essa inovação gera muitos benefícios, além de um menor tempo de obra, podendo ser ressaltado: controle sobre as atividades dentro da fábrica, redução do uso de mão de obra intensiva no canteiro (o que reduz os custos, uma vez que a maioria das HIS é produzida em locais isolados, de difícil acesso), redução na quantidade de insumos enviados para a obra (o que reduz a quantidade de materiais controlados em obra e torna o processo logístico menos complexo), aumento na qualidade do produto final e redução dos riscos em relação ao prazo de obra, pois o processo todo é menos sujeito a intempéries.

Em 2014, foi implantada no município de Araucária, região metropolitana de Curitiba, uma nova fábrica de produção de wood frame, sendo esta a unidade industrial de pré-fabricação de sistemas construtivos mais automatizada da América Latina (Figura 92).

Figura 92: Linha automatizada de produção de painéis wood frame em Araucária (PR)

A industrialização e a utilização de sistema construtivo a seco e modular permitem a redução de até 90% dos resíduos sólidos produzidos em termos de metro quadrado construído. Um dos efeitos colaterais gerados pela tecnologia utilizada no produto tem como externalidade positiva a diminuição na emissão de gases de efeito estufa, em especial o carbono, durante o processo de beneficiamento dos insumos e da produção e montagem das habitações, em relação ao sistema convencional. A utilização de madeira de florestas plantadas, provenientes de um reflorestamento de manejo mais sustentável, fomentam um sistema baseado em recursos renováveis. Além disso, como parâmetros de sustentabilidade ambiental, podemos verificar a questão do consumo de recursos hídricos e energéticos e a geração de resíduos sólidos.

O wood frame é considerado um sistema construtivo seco, com baixo consumo de recursos hídricos e o ótimo desempenho térmico da habitação associado ao baixo consumo de energia no processo produtivo e construtivo, bem como após a ocupação do imóvel. Isso faz dele uma opção energeticamente mais eficiente. Ressalta-se que o produto promove um canteiro e obra de baixo impacto ambiental e o reuso de materiais. Devido ao processo industrializado mais eficiente, racionaliza-se a

utilização de recursos e por isso possuímos um baixo índice de desperdício de materiais.

Ressalta-se ainda que, além da diminuição nos custos, no tempo e no aumento da qualidade da habitação, a simples opção pelo Sistema Construtivo Tecverde acarreta no atendimento automático de 10 itens do Selo Casa Azul: Desempenho Térmico – Vedações; Iluminação Natural de Áreas Comuns; Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros; Coordenação Modular; Qualidade de Materiais e Componentes; Componentes Industrializados ou Pré-Fabricados; Formas e Escoras Reutilizáveis; Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD); Concreto com Dosagem Otimizada e Madeira Plantada ou Certificada.

8.5.2 Tipologias construtivas

Até o momento, já foram construídos no Brasil mais de 40.000 m^2 no sistema wood frame, o que representa um avanço nas construções em madeira industrializadas brasileiras, atendendo a diversas tipologias, entre essas, foram contratados e entregues mais de 500 unidades no programa MCMV. O wood frame já foi aplicado em edificações residenciais térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas e em condomínios horizontais), atendendo a essa tipologia de Habitações de Interesse Social.

A Figura 93 ilustra o Residencial Haragano, condomínio composto por 280 casas construídas totalmente em wood frame. O Residencial Haragano foi o primeiro condomínio construído em wood frame e entregue para o programa habitacional governamental MCMV, atendendo ao público da Faixa 1, composto por famílias com renda de até R$1.600,00.

Figura 93: Residencial Haragano, Pelotas (RS)

Junto com o Residencial Haragano, o município de Pelotas também recebeu a escola ilustrada na Figura 94. Por se tratar de um sistema que atende a todos os requisitos da Norma de Desempenho, a estratégia de utilizá-lo em unidades educacionais propicia ao aluno um ambiente com conforto térmico e acústico comprovado, o que vai ao encontro do princípio que espaços escolares devem atender a diversos critérios para promover a formação do aluno.

Figura 94: Escola entregue para a prefeitura de Pelotas (RS)

Para edificações fora do MCMV, já são construídas residências e edificações institucionais para 3 e 4 pavimentos, sem limitação de área construída, com vãos livres de até 12 m, sendo estes vencidos com o auxílio de vigas metálicas ou madeira laminada colada (MLC), um produto de madeira para estruturas, conforme ilustrado na Figura 95, onde foi aplicado no Núcleo Senai de Sustentabilidade, edificação premiada em 2014 no RCE Awards/Unesco na categoria *Community Mobilising Local Innovations for Sustainable Development*. O prêmio concedido pela Universidade das Nações Unidas (UNU-IAS) reconhece projetos de destaque na área da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (Figura 96).

Figura 95: Uso de MLC aparente no Núcleo Senai de Sustentabilidade, Curitiba/Paraná

Figura 96: Nucleo Senai de Sustentabilidade – construído em wood frame e ganhador do prêmio RCE Awards/Unesco na categoria Comunity Mobilising Local Innovations for Sustainable Development

O wood frame aplicado no Brasil se adaptou tanto ao público do MCMV quanto ao público de casas de médio e alto padrão. A Figura 97 ilustra uma residência de alto padrão construída em Curitiba que conta com geração própria de energia.

Figura 97: Habitação de alto padrão em Curitiba (PR) com geração própria de energia

Até o momento, o wood frame teve sua aplicação concentrada em residências, edificações educacionais, institucionais e comerciais. Porém a flexibilidade do sistema o torna aplicável em diversas outras tipologias, que dependem da classificação de uso. Importante também salientar que o sistema pode ser compatibilizado com outros sistemas construtivos, como a Alvenaria Convencional e/ou Steel Frame, caracterizando habitações com tipologias mistas.

Ainda não foram construídos prédios em wood frame no Brasil, porém estudos já realizados demonstram que não apenas são viáveis para o cenário nacional, como é uma tendência sua adoção nos próximos anos, visto que a escassez de habitações a preços acessíveis é um problema compartilhado mundialmente por todas as grandes cidades industrializadas, uma vez que a valorização dos terrenos e o aumento dos custos com a construção civil afetam diretamente as habitações de interesse social. Edifícios multifamiliares de três a cinco andares construídos no sistema construtivo wood frame são uma alternativa para ofertar ao mercado uma habitação econômica pela sua velocidade de construção e os baixos custos com os materiais. Segundo Molina e Calil Júnior (2010), o sistema wood frame permite a construção de edificações de até cinco pavimentos, e os autores ainda ressaltam o paradoxo que é a dificuldade de se utilizar a madeira como solução para a construção de edificações no Brasil, uma vez que a indústria do reflorestamento nacional é uma das mais competitivas do mundo e existe uma enorme disponibilidade de áreas de reflorestamento no país. Edificações

multifamiliares de até cinco pavimentos são comumente utilizadas em países da América do Norte e Europa (Figura 98).

Figura 98: Edificações multifamiliares em wood frame na América do Norte

8.5.3 Normalização

As normas técnicas aplicáveis ao sistema wood frame estão a seguir relacionadas:

ABNT NBR 7190-1997 – Projeto de estruturas de madeira;

Diretriz SiNAT 005 – Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo "Light Wood Framing");

EN 1995-1-1:2004 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings;

EN 1995-1-2:200 – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-2: General – Structural fire design;

O atendimento à ABNT NBR-15575 – Norma de Desempenho de Edificações, em conjunto com as normas listadas anteriormente é fundamental, gerando como produto a DATec 020 (Sistema construtivo Tecverde: "Sistema leve em madeira"), contemplada pelo SiNAT.

9. Exemplo de sistema racionalizado

Com a finalidade de aumentar a produtividade no processo de produção das edificações, racionalizar as etapas de construção, diminuir desperdícios de materiais e ainda reduzir capital econômico e humano, desenvolveu-se o sistema construtivo de painéis pré-moldados compostos por blocos cerâmicos e concreto armado, que consiste em painéis estruturados e autoportantes confeccionados com blocos cerâmicos e