

Universidade Federal do Espírito Santo
Centro Tecnológico
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

Tatiana Freitas Spadeto

**Industrialização na construção civil – uma contribuição à política
de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto**

Vitória

2011

**Industrialização na construção civil – uma contribuição à política
de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto**

Tatiana Freitas Spadeto

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Engenharia Civil da Universidade
Federal do Espírito Santo como
requisito à obtenção do título de
Mestre em Engenharia Civil.**

ORIENTADORES: Prof. Dr. Luiz Herkenhoff Coelho

Prof. Dr. Marcel Olivier Ferreira de Oliveira

Vitória
2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S732i Spadeto, Tatiana Freitas, 1981-
Industrialização na construção civil : uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto / Tatiana Freitas Spadeto. – 2011.
193 f. : il.

Orientador: Luiz Herkenhoff Coelho e Marcel Olivier Ferreira de Oliveira.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Concreto. 2. Concreto pré-moldado. 3. Industrialização.
I. Coelho, Luiz Herkenhoff. II. Oliveira, Marcel Olivier Ferreira de.
III Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico.
IV. Título.

CDU: 624

TATIANA FREITAS SPADETO

**Industrialização na construção civil – uma contribuição à política
de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em ___/___/___ por:

Prof. Dr. Ing. Luiz Herkenhoff Coelho – Orientador, UFES

Prof. Dr. Ing. Marcel Olivier Ferreira de Oliveira – Orientador, UFES

Profa. Dra. Desilvia Machado Louzada – Membro externo, IFES

“Bem sei eu que tudo podes, e nenhum dos
teus pensamentos pode ser impedido.”
JO 42.2

Agradecimentos

A Deus, toda honra e toda glória, pela conclusão de mais esta etapa.

Aos meus orientadores, por me mostrarem o caminho e ampliarem meus horizontes.

À minha família, pelo apoio e suporte.

A Wiliam, pelo companherismo e compreensão, mas principalmente pela paciência.

E a todos os amigos, que me incentivaram e torceram por mim.

Obrigada a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS _____	IV
LISTA DE TABELAS _____	VIII
LISTA DE QUADROS _____	IX
LISTA DE GRÁFICOS _____	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS _____	XI
RESUMO _____	XII
ABSTRACT _____	XIII
1. INTRODUÇÃO _____	2
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO _____	2
1.2. OBJETIVOS _____	3
1.3. METODOLOGIA _____	4
1.3.1. Pesquisadores e Instituições relevantes na área _____	5
1.3.2. Limitações _____	7
1.4. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO _____	7
2. HISTÓRICO DA ATIVIDADE EDILÍCIA _____	10
2.1. PRÉ-HISTÓRIA _____	11
2.2. IDADE ANTIGA _____	15
2.3. IDADE MÉDIA _____	20
2.4. IDADE MODERNA _____	23
2.5. IDADE CONTEMPORÂNEA _____	24
2.6. A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA _____	29
2.7. A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL _____	35
2.8. CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL _____	39
2.9. CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA _____	43
2.10. RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL _____	47
3. ESTADO DA ARTE DA PRÉ-FABRICAÇÃO _____	51
3.1. A PRÉ-FABRICAÇÃO: CONCEITOS _____	51
3.2. ASPECTOS POSITIVOS _____	54
3.3. EVOLUÇÃO DOS PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO _____	58
3.4. PRÉ-FABRICAÇÃO EM CONCRETO NO BRASIL _____	60
3.5. PRODUÇÃO DOS ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS _____	65
3.5.1. Projeto _____	66

3.5.2. Fabricação	69
3.5.3. Manuseio, Armazenamento e Transporte	73
3.5.4. Montagem	75
3.5.5. Controle de qualidade e inspeção	76
3.6. APLICAÇÕES	77
3.6.1. Sistemas Construtivos / Estruturais	77
3.6.1.1. Estruturas em esqueleto	79
3.6.1.2. Sistemas de paredes estruturais	81
3.6.2. Componentes	82
3.6.2.1. Pilares	83
3.6.2.2. Lajes	84
3.6.2.3. Vigas	86
3.6.2.4. Elementos de fundação	88
3.6.2.5. Escada	88
3.6.2.6. Painéis de fechamento para fachadas de concreto arquitetônico	89
3.6.3. Sistemas Celulares	95
4. ENTRAVES E DIFICULDADES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE GESTÃO DA QUALIDADE E NA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS	99
4.1. ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO	99
4.2. ENTRAVES PARA O USO DO CONCRETO PRÉ-FABRICADO	102
4.3. OS 3 SEGMENTOS	109
4.3.1. Segmento Público	110
4.3.2. Segmento Produtivo	131
4.3.3. Segmento Profissional	143
5. A PRÉ-FABRICAÇÃO COMO UMA SOLUÇÃO	155
5.1. POLÍTICAS PÚBLICAS	155
5.2. SUSTENTABILIDADE NA PRÉ-FABRICAÇÃO EM CONCRETO	162
5.2.1. Desenvolvimento Sustentável	163
5.2.2. A produção do concreto	164
5.2.3. Utilização de resíduos de construção na produção do concreto	166
5.2.4. Concreto moldado in loco x Concreto pré-fabricado	169
5.2.5. Comparativo entre concreto moldado in loco e pré-fabricado	172
5.3. QUALIDADE E PREÇO DO PRODUTO FINAL	178
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	183
6.1. INTRODUÇÃO	183
6.2. DO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS	183
6.3. CONCLUSÃO	184

6.4.	PERSPECTIVAS FUTURAS/SUGESTÃO PARA NOVOS TRABALHOS _	184
7.	REFERÊNCIAS _____	186

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da dissertação	8
Figura 2 - Ilustração das primeiras cabanas	12
Figura 3 – À esquerda, homem habitando em caverna. À direita, pintura encontrada na gruta de Lascaux.	13
Figura 4 - Estrutura megalítica, chamada de dólmen, em Gerona, na Espanha.	14
Figura 5 – Abóbada de berço.	16
Figura 6 – Pirâmide de Quéops, no Egito.	16
Figura 7 – Ilustração com vista de cidade na Mesopotâmia	17
Figura 8 - Sistema construtivo grego utilizando madeira e depois desenvolvido em pedra	19
Figura 9 - Abóbadas sobre pendentes	20
Figura 10 – Basílica de Santa Sofia	21
Figura 11 – Em A abóbada de arestas e em B abóbada nervurada.	22
Figura 12 - Abóbada de arestas com arcos de ogiva.	22
Figura 13 - Representação renascentista: desenhos da Igreja de Santa Maria degli Angeli, de Brunelleschi	24
Figura 14 – Ponte Coalbrookdale, na Inglaterra. Construída em 1779, com um vão de 30 metros em ferro fundido.	26
Figura 15 – Pavilhão com fechamento em vidro, construído para abrigar a Exposição de Londres de 1851, projeto do arquiteto-paisagista Joseph Paxton.	27
Figura 16 – Notre-Dame de Paris, construída no séc. XII, quando ainda se utilizava a pedra como material estrutural.	28
Figura 17 – Guaranty Building – edifício de escritórios de 13 pavimentos, do arquiteto Louis Sullivan, construído em Buffalo, Nova Iorque, em 1895.	29
Figura 18 - Igreja de Nossa Senhora do Carmo, Olinda - Pernambuco, de 1720, período colonial.	30
Figura 19 – Casa Bandeirista, no Butantã, em São Paulo, construção em taipa da primeira metade do século XVIII.	31
Figura 20 – Relação preço de venda e custo, antes e depois da década de 1990.	34
Figura 21 - Composição do setor da construção civil brasileira	36
Figura 22 – Composição do macrocomplexo da construção civil brasileira.	36
Figura 23 – Composição do Construbusiness.	37
Figura 24 – Resumo da composição da indústria da construção civil brasileira.	37
Figura 25 – Processo construtivo e suas fases	41
Figura 26 – Industrialização	47
Figura 27 – Construção executada com o uso do sistema <i>tilt up</i>	54
Figura 28 - Espaços grandes e abertos que possibilitam flexibilidade nas divisões e nos usos	55

Figura 29 – Construção de edificação em concreto pré-fabricado, onde se observa a organização do canteiro de obras. _____	56
Figura 30 – Montagem de grandes painéis pré-fabricados. Início dos anos 60. _____	59
Figura 31 – Edifício localizado em Roterdã, na Holanda, construído de acordo com sistemas construtivos pré-fabricados. Em 2004, época em que foi construído, era considerada a construção mais alta da Holanda nesse sistema. _____	60
Figura 32 – Ponte do Galeão: viga protendida pré-fabricada sendo transportada, e tabuleiro da ponte sendo montado com as vigas _____	61
Figura 33 - Edifício de escritório da Camargo Corrêa, em Brasília _____	62
Figura 34 – Painel de fachada sendo montado, e fachada de edifício em São Paulo _____	63
Figura 35 – Edifício localizado em Fortaleza, composto por um shopping, duas torres residenciais de 24 pavimentos e duas torres comerciais de 20 pavimentos. Varandas, grande parte das vigas e lajes são pré-fabricadas, já os pilares e as caixas de elevador foram moldados "in loco". _____	64
Figura 36 – Estrutura de galpão em concreto pré-fabricado, utilizada para a concepção _____	64
Figura 37 – Armadura da laje pré-fabricada treliçada e seção transversal com o preenchimento _____	65
Figura 38 – Painéis de fachada com dimensões e formatos diferentes. _____	67
Figura 39 - Exemplos de catálogos de fabricantes de elementos em concreto pré-fabricado. _____	69
Figura 40 – Fabricação de elementos pré-fabricados em concreto _____	70
Figura 41 – Tubulação de descida de água em pilar _____	71
Figura 42 – Tubos e condutores elétricos nos alvéolos da laje _____	72
Figura 43 – Armazenamento de elementos pré-fabricados em concreto. _____	74
Figura 44 – Caminhão transportando elemento de concreto pré-fabricado de grande dimensão. _____	75
Figura 45 – Montagem de peça pré-fabricada em concreto. _____	76
Figura 46 – Exemplos de sistemas estruturais em concreto pré-fabricado, sendo à esquerda uma laje alveolar e, à direita, uma laje "pi" _____	78
Figura 47 – Exemplos de estrutura aperticada _____	79
Figura 48 – Estrutura aperticada com piso intermediário _____	80
Figura 49 – Estrutura em esqueleto com núcleo central para garantir estabilidade ao sistema _____	80
Figura 50 – Construção com paredes portantes, perpendiculares à fachada _____	81
Figura 51 – Encaixe de pilares _____	83
Figura 52 – Pilares com consolos. _____	84
Figura 53 – Laje alveolar _____	85
Figura 54 – Laje duplo T e laje U invertido. _____	85
Figura 55 – Tipos de vigas _____	86
Figura 56 – Viga com seção em L, apoiando laje de piso _____	87
Figura 57 – Vigas tipo "I" _____	87

Figura 58 - Elemento utilizado na fundação, que promove ligação com o pilar: cálices de fundação _____	88
Figura 59 – Exemplos de escadas pré-fabricadas _____	89
Figura 60 – Painel portante _____	90
Figura 61 – À esquerda – painel fixado a estrutura /À direita – painel autoportante, onde a ligação à estrutura só desempenha a função de travamento horizontal _____	90
Figura 62 – Painel-sanduíche _____	91
Figura 63 – Painéis de fechamento com cores e texturas diversas. _____	92
Figura 64 – Soluções para cantos de fachadas: (a) painel com canto integrado, (b) e (c) elemento de canto separado, e (d) interseção de painéis em diagonais _____	93
Figura 65 – Exemplos de fixações de painéis (da esquerda para a direita): ligações por sobreposição de armadura, parafusadas e soldadas _____	94
Figura 66 – Conectores: pinos e cantoneiras _____	95
Figura 67 – Exterior do Centro de Detenção Provisória de Vila Velha – ES _____	96
Figura 68 – Transporte de módulo _____	97
Figura 69 – Banheiros prontos _____	97
Figura 70 – Logotipo do selo de excelência ABCIC _____	107
Figura 71 – Conjunto residencial em Montreal, Canadá, construído inicialmente para a Exposição de 1967, e mais tarde ampliado. _____	108
Figura 72 - 3 Ps (segmento Público, Produtivo e Profissional) _____	109
Figura 73 - Agentes do segmento público _____	110
Figura 74 – Assentamento informal em área urbana. _____	116
Figura 75 - Escola executada em estrutura pré-fabricada em concreto no município de Campinas, São Paulo. _____	119
Figura 76 – (a) planta baixa e (b) perspectiva, do projeto padrão proposto para o Programa Nossa Casa. _____	122
Figura 77 - Sequência de construção de habitação popular utilizando sistema construtivo em concreto pré-fabricado. _____	129
Figura 78 – Agentes do segmento produttivo _____	131
Figura 79 – Condições precárias e inseguras em canteiro de obras _____	134
Figura 80 – Desperdício de materiais em obra. _____	135
Figura 81 – Agentes do segmento profissional _____	143
Figura 82 – Normas legais e técnicas _____	146
Figura 83 – Cascas da castanha de caju, fruto do processo de separação da amêndoa da casca. _____	148
Figura 84 – (a) Fardos de PET prensados e (b) aspecto geral da fibra PET. _____	149
Figura 85 – (a) Resíduos de serragem de rochas ornamentais em pátio de empresa e (b) blocos produzidos com este tipo de resíduo. _____	151
Figura 86 - Parte do Mapa de Zoneamento da cidade de Vitória, definido no PDM. _____	156
Figura 87 - Exemplo de canteiro de obras com utilização de bate-estacas _____	157

Figura 88 – Certificações ambientais utilizadas no Brasil: LEED, Aqua e Procel Edifica. _	160
Figura 89 - Exemplo de canteiro de obras com utilização de sistema pré-fabricado em concreto _____	161
Figura 90 – Indústria de cimento _____	165
Figura 91 – (a) Resíduos de construção e demolição dispostos no canteiro, antes da separação, (b) e agregado miúdo produzido a partir dele. _____	168
Figura 92 – Obra utilizando o concreto moldado in loco. _____	170
Figura 93 - Vigas pré-fabricadas em arco, com repetição dos elementos, para estrutura de ginásio _____	171
Figura 94 - Obra em Vila Velha (ES) executada em concreto moldado in loco _____	172
Figura 95 - Obra em Vila Velha (ES) executada em concreto pré-fabricado _____	172
Figura 96 – Armadura utilizada em fábrica de concreto pré-fabricado _____	174
Figura 97 - Ciclo de vida das estruturas pré-fabricadas em concreto _____	177
Figura 98 - Aeroporto de Congonhas (SP), cobertura em concreto pré-fabricado, com estrutura aparente. _____	179
Figura 99 - Edifício de apartamentos executado em elementos pré-fabricados em concreto. _____	180

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos ocupados por setor e ramo de atividade econômica Brasil – 2003 _____	45
Tabela 2 – Levantamento em grade curricular de cursos de graduação em arquitetura e engenharia civil _____	103
Tabela 3 – Municípios capixabas que possuem PDM e Código de Obras. _____	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pesquisadores relacionados à área da industrialização da construção e da pré-fabricação _____	5
Quadro 2 – Resumo das características da construção civil de acordo com MESEGUER (1991) _____	41
Quadro 3 – Resumo das características da construção civil que oferecem resistência à inovação, de acordo com Martins (2004) _____	42
Quadro 4 – Resumo das características da indústria da construção civil brasileira _____	46
Quadro 5 – Diferença entre elementos pré-fabricados e pré-moldados de acordo com a ABNT NBR 9062:2006 _____	52
Quadro 6 – Resumo dos aspectos positivos da construção pré-fabricada em concreto _____	57
Quadro 7 – Espessuras típicas dos painéis pré-fabricados de concreto segundo seu comprimento _____	93
Quadro 8 - Características da construção civil brasileira que dificultam a sua industrialização _____	100
Quadro 9 - Normas brasileiras referente a concreto pré-fabricado, publicadas pela ABNT	105
Quadro 10 – Programas do governo federal em andamento no ano de 2009 _____	112
Quadro 11 – Secretarias estaduais relacionadas às suas ações e autarquias _____	121
Quadro 12 – Tipos de remuneração utilizada para os profissionais da construção civil _____	133
Quadro 13 - Comparativo de indicadores da construção civil brasileira, europeia e americana _____	142
Quadro 14 - Pesquisas em universidades federais na área de construção civil (do sul e sudeste) _____	147
Quadro 15 – Propostas de políticas públicas visando à ampliação do uso de sistemas construtivos pré-fabricados em concreto _____	162
Quadro 16 - Características das fôrmas em função do material utilizado _____	175
Quadro 17 - Estimativa do número de reutilização das fôrmas _____	176
Quadro 18 - Resumo entre o comparativo das características do concreto moldado in loco e do pré-fabricado _____	176
Quadro 19 - Diferença entre estruturas moldadas in loco e pré-fabricadas. _____	178
Quadro 20 - Comparativo entre produtos em concreto pré-fabricado e moldado in loco, quanto a aspectos de qualidade e preço _____	181

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Histórico da indústria na construção civil no Brasil da década de 1960 a 2000.	35
Gráfico 2 - Porcentagem de municípios da região Sudeste com existência de legislação e instrumentos de planejamento urbano. _____	126
Gráfico 3 – Comparação entre as produtividades das indústrias brasileiras _____	136
Gráfico 4 – Comparativo da evolução da produtividade da indústria da construção civil e do setor de edificações: período 2001-2005 _____	137
Gráfico 5 – Patentes por setores _____	138
Gráfico 6 – Emissões de CO ₂ na produção do cimento no Brasil. _____	165

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCIC	Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BNH	Banco Nacional de Habitação
CEF	Caixa Econômica Federal
CIB	International Council for Research and Innovation in Building and Construction
CREA	Conselho Regional de Arquitetura, Engenharia e Agronomia
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IAB	Instituto dos Arquitetos do Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços
ISS	Imposto sobre Serviço
IJSN	Instituto Jones dos Santos Neves
NET-PRÉ	Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados
PDM	Plano Diretor Municipal
PIB	Produto Interno Bruto
SENGE	Sindicatos dos Engenheiros
SFH	Sistema Financeiro de Habitação
SINAENCO	Sindicato da Arquitetura e da Engenharia
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UFV	Universidade Federal de Viçosa
USP	Universidade de São Paulo

RESUMO

A produção da construção civil brasileira tem se desenvolvido muito na última década, em função do aumento da demanda e da criação de diversos programas do governo para melhoria da infraestrutura e diminuição do déficit habitacional. Outro fator que impulsiona esse crescimento consiste no advento de importantes eventos esportivos a serem sediados no Brasil, logo nos próximos anos, perspectiva essa que contribui para tornar o país um verdadeiro canteiro de obras.

Apesar do incremento, em termos quantitativos, da produção na construção civil brasileira, tal crescimento não apresenta o mesmo ritmo em termos de qualidade e avanço tecnológico. As técnicas de construção comumente utilizadas no Brasil ainda são atrasadas, ainda que alguns edifícios sejam construídos com tecnologia de ponta. Este trabalho diz respeito a uma técnica construtiva, a saber, a pré-fabricação em concreto, que se propõe a favorecer a racionalização e a industrialização da construção civil, com o propósito de obter um ganho em qualidade e velocidade na construção, dentre outros benefícios.

Apresenta-se, a seguir, um breve histórico da atividade edilícia, desde a pré-história até a construção civil brasileira atual. A partir daí, são analisadas suas características para, em seguida, partir para o exame da pré-fabricação em concreto, descrevendo suas vantagens e alguns aspectos da sua produção e aplicação.

A partir desse ponto, são elencados e analisados os aspectos que têm causado entraves à maior utilização de sistemas construtivos industrializados, como, por exemplo, o sistema pré-fabricado em concreto. Esses entraves são relacionados aos segmentos diretamente ligados à construção civil, ao setor público, ao setor produtivo e ao setor profissional. Mais adiante, será esmiuçada a função de cada um desses segmentos neste importante setor.

Para finalizar, são indicadas algumas propostas nas áreas de políticas públicas, sustentabilidade, qualidade e preço do produto final, com vistas a ampliar o uso de sistemas pré-fabricados em concreto.

Palavras-chave

Concreto, pré-fabricação, pré-moldado, industrialização, sustentabilidade, resíduos, racionalização.

ABSTRACT

The Brazilian civil construction has grown effectively in the last decade due to the increased demand combined with the government social programs, in order to improve infrastructure and reduce the housing deficit. Another factor related to such growth is that Brazil shall host big sportive events, and it has been prepared to do so. As a result, the country has become a construction site.

Although the growth production goes fast, its quality improvement does not follow the same standard. The construction techniques commonly used in Brazil are obsolete though some buildings are built with advanced technology. This study leads to a constructive technique, the precast in concrete, which aims to promote the rationalization and industrialization of civil construction, aiming to gain speed and quality in construction among other benefits.

A short historical in building activity is presented from pre-history to the current Brazilian construction. Since then, its characteristics are analyzed, and we describe the precast in concrete within its advantages, as well as some aspects of its production and application.

From that point, are listed and analyzed some aspects that have caused obstacles to greater use of industrialized building systems, the precast concrete system. Issues as previously presented are related to segments which are directly related to civil construction, the public sector, the productive sector and the professional sector. For each segment functions will be presented in this important sector.

Finally, some proposals are presented in the areas of public policy, sustainability and quality of the final product in pursuit of providing the expanded use of precast concrete system.

Key-words

Concrete, prefabricated, precast, industrialization, sustainability, residues, rationalization.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A atividade de construir surgiu, possivelmente, a partir da fixação do homem a um local, gerando para este a necessidade de possuir um abrigo que o resguardasse contra os perigos da natureza. Desde então, esta atividade vem se desenvolvendo, com o surgimento de novos materiais e a criação de novas técnicas.

Os sistemas construtivos sofrem inovações, de modo a proporcionar uma melhoria na qualidade dos produtos, assim como uma otimização na construção. Destaca-se a utilização, mais intensa, de sistemas construtivos pré-fabricados em concreto após o fim da Segunda Guerra Mundial.

A partir de então, o sistema passa a ser mais utilizado, sendo submetido a adequações e desenvolvimento, e vindo a ser, atualmente, muito adotado em alguns países europeus e nos Estados Unidos.

No Brasil, o sistema construtivo em pré-fabricados em concreto ainda caminha rumo a uma maior adoção projetual entre os profissionais do setor da construção civil. Isso se explica, principalmente, devido aos diversos entraves para sua melhor difusão. Em alguns Estados brasileiros, embora seja observado um aumento no número de construções neste sistema, a sua utilização, em geral, ainda é bastante reduzida.

No Estado do Espírito Santo, a construção de edificações pré-fabricadas em concreto ainda é tímida, ficando quase que restrita à construção de galpões, salvo algumas exceções.

Com a preparação do Brasil para receber a Copa do Mundo de Futebol em 2014, e as Olimpíadas em 2016, tem-se uma grande oportunidade de uso do sistema construtivo em concreto pré-fabricado, considerando-se, sobretudo, o seu potencial de oferecer uma maior eficácia da produção, uma redução no período de construção, e um incremento na qualidade do produto final.

No âmbito de um mercado cada vez mais competitivo, as empresas integrantes da indústria da construção civil vêm buscando um maior destaque, seja por meio da

produtividade, da qualidade do produto ou do custo reduzido, razão pela qual tais empresas têm procurado desenvolver sistemas que as diferenciem. Dentro desse contexto, o sistema construtivo que utiliza o concreto pré-fabricado pode contribuir para o alcance desses objetivos.

No Brasil, como fruto de uma grande tradição na utilização de concreto para a produção de estruturas, desde as mais simples até obras mais complexas, observa-se uma boa aceitação desse sistema construtivo. Esta familiaridade e a continuidade de sua utilização é que motiva este trabalho, visto que o uso do concreto pode ser maximizado, podendo ser, da mesma forma, aperfeiçoado o seu modo de aplicação.

O concreto, que é um material muito usual na construção civil, pode apresentar melhorias no seu processo de produção, de forma mais sustentável, até porque o uso de pré-fabricados é capaz de contribuir para a redução dos danos ambientais.

Apesar da realização de muitas pesquisas para o aprofundamento e difusão desse tema, ainda há diversas lacunas a serem preenchidas, razão pela qual, ao apontar aspectos relacionados às políticas públicas, necessárias à adoção desse sistema construtivo, este trabalho pode prestar uma contribuição para o entendimento sobre a matéria.

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos a serem alcançados neste trabalho são os seguintes:

- Organização de um histórico da atividade de construir;
- Levantamento das principais características da indústria da construção civil brasileira;
- Formação de base teórica sobre os principais conceitos que envolvem a construção pré-fabricada, como, por exemplo, racionalização e padronização;
- Sistematização do conhecimento a respeito do sistema construtivo em concreto pré-fabricado;

- Estudo dos tipos de pré-fabricados em concreto utilizados no mundo, com ênfase no Brasil, a fim de conhecer suas características, sua forma de produção e sua viabilidade;
- Identificação de fatores que impedem ou interferem na utilização mais frequente de pré-fabricados em concreto no Brasil;
- Caracterização dos segmentos que participam do setor da construção civil;
- Proposta de ações que viabilizem o aumento da utilização de sistemas pré-fabricados em concreto no Brasil;
- Análise da produção de pré-fabricados em concreto, sob os aspectos conceituais da sustentabilidade na construção civil;
- Proposta de soluções para que o concreto possa ser utilizado de maneira mais racionalizada e sustentável, por meio do uso da pré-fabricação, gerando, assim, menos desperdício e consumo de matérias-primas, e uma melhoria na qualidade do produto final.

1.3. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, utilizou-se, inicialmente, o levantamento de dados por meio da pesquisa bibliográfica, que buscou descrever e sistematizar o conhecimento existente.

A pesquisa bibliográfica foi direcionada para contextualizar os termos e conceitos utilizados no desenvolvimento do trabalho, e para levantar dados sobre o estado da arte e a atual situação do tema proposto, assim como para a compreensão do aspecto tecnológico da construção civil no Brasil.

Como bibliografia disponível, foram consultados dissertações, teses, artigos e trabalhos publicados por órgãos públicos que embasaram a pesquisa teórica e promoveram o amadurecimento da autora em relação ao tema em questão. A partir desse ponto, passou-se à proposta de soluções que visem contornar as dificuldades encontradas para a maior utilização do concreto pré-fabricado, tendo sido, em

seguida, realizada uma comparação teórica entre o sistema construtivo em concreto moldado *in loco* e o sistema construtivo em concreto pré-fabricado.

1.3.1. Pesquisadores e Instituições relevantes na área

A busca de bibliografia relacionada ao tema em estudo leva ao conhecimento de pesquisadores e instituições que desenvolvem pesquisas na mesma área ou em áreas afins.

Apresenta-se, no Quadro 1, uma relação sucinta de alguns dos pesquisadores ligados à área de industrialização da construção e a de pré-fabricação, seja ela em concreto ou outro material, que contribuíram para a elaboração deste trabalho.

PESQUISADOR	ÁREA	ENTIDADE
Mounir K. El Debs	Pré-fabricação em concreto	Universidade Federal de São Carlos
Fernando Henrique Sabbatini	Industrialização da construção	Universidade de São Paulo
Marcelo de Araújo Ferreira	Pré-fabricação em concreto	NET-PRÉ, da Universidade Federal de São Carlos
Sheyla M. B. Serra	Pré-fabricação em concreto	NET-PRÉ, da Universidade Federal de São Carlos
Augusto Carlos de Vasconcelos	Concreto em geral e pré-fabricado	-
Vahan Agopyan	Pré-fabricação em concreto	Universidade de São Paulo
Hélio Adão Greven	Coordenação modular	Universidade Federal do Rio Grande do Sul – FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos)

Quadro 1 – Pesquisadores relacionados à área da industrialização da construção e da pré-fabricação

Destacam-se também as instituições que desenvolvem pesquisas relacionadas ao tema em estudo, tanto as nacionais quanto as internacionais, conforme elencado abaixo:

- **NACIONAIS**

- NET-PRÉ (Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados) – Universidade Federal de São Carlos
- IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto
- ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto
- ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland
- NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

- **INTERNACIONAIS**

- British Precast Concrete Federation
- PCI – Precast Concrete Institute (Instituto do Concreto Pré-fabricado): instituto americano
- CPCI – Canadian Precast Association (Associação Canadense de Pré-fabricação)
- NPCAA – Australian Canadian Association
- BPA – British Precast Association (Associação Britânica de Pré-fabricação)
- FIB – Fédération International du Béton (Federação Internacional do Concreto)
- FIP – Fédération International de la Précontrainte (Federação Internacional da Protensão)
- FEBE – Fédération de l'Industrie du Béton (Federação da Indústria do Concreto): instituição belga que congrega fabricantes de produtos em concreto pré-fabricado
- CIB – Conseil International du Bâtiment (Conselho Internacional do Edifício) International Council for Research and Innovation in Building and Construction
- BPCF – British Precast Concrete Federation (Federação Britânica do Concreto Pré-fabricado)

1.3.2. Limitações

A carência de bibliografia em âmbito nacional foi uma característica observada ao longo do desenvolvimento deste trabalho, sobretudo devido ao fato de que a tecnologia do concreto pré-fabricado resulta, muitas vezes, de aperfeiçoamentos internos das empresas fabricantes, razão pela qual tais informações não costumam ser divulgadas, diante do risco de uma perda de fatia de mercado. Por isso mesmo, certos temas do trabalho não puderam ser pesquisados em um número considerável de fontes bibliográficas, ficando restrito a algumas outras.

1.4. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A partir da metodologia adotada, passou-se à organização dos textos e à estruturação do trabalho (Figura 1), na seguinte ordem, visando o cumprimento dos objetivos traçados.

O Capítulo 1 contemplou a introdução do trabalho, com uma breve apresentação do histórico referente ao tema, incluindo, ainda, a definição dos objetivos e a metodologia aplicada.

O Capítulo 2 iniciou o embasamento teórico, relatando o histórico da atividade de edificar, desde os tempos primitivos até os dias atuais. Este capítulo apresenta, ainda, a evolução da indústria da construção civil brasileira, assim como sua importância e características.

O capítulo 3 dá continuidade ao embasamento teórico, destacando neste momento, o estado da arte da pré-fabricação em concreto. Neste capítulo, são expostos conceitos relacionados ao tema, assim como vantagens desse tipo de sistema.

No capítulo 4, são expostas as dificuldades enfrentadas pela indústria de pré-fabricados em concreto para a disseminação do uso dos seus produtos. São analisados três segmentos que influenciam a indústria de construção civil e o sistema de pré-fabricação.

O capítulo 5 traz propostas para a ampliação do uso dos elementos pré-fabricados em concreto, e também apresenta vantagens desse sistema quando comparado à construção convencional em concreto.

E, por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões alcançadas com a finalização do trabalho, assim como o cumprimento dos objetivos e sugestões para trabalhos futuros.

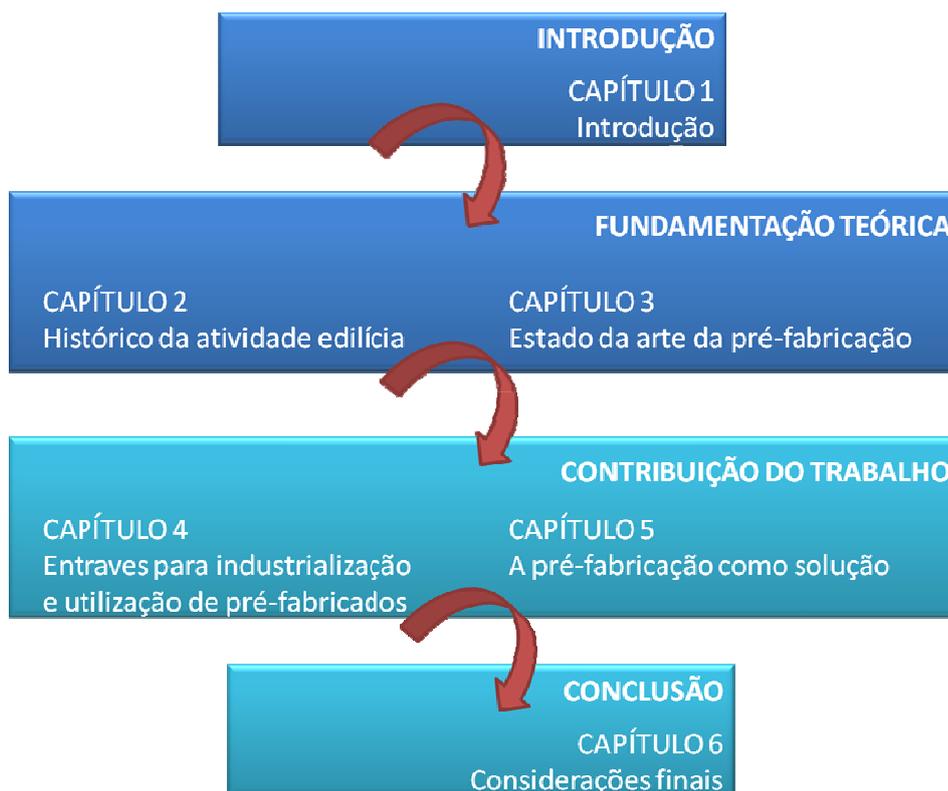


Figura 1 - Estrutura da dissertação

CAPÍTULO 2

HISTÓRICO DA ATIVIDADE EDILÍCIA

2. HISTÓRICO DA ATIVIDADE EDILÍCIA

Neste item, será feita uma descrição sucinta sobre a forma como surgiram e evoluíram as técnicas construtivas, desde os tempos da pré-história até os dias atuais. A história das técnicas construtivas se confunde com a da arquitetura, pois é a partir das inovações da arquitetura que se desenvolvem as técnicas de construir. Para isso, foi utilizada uma subdivisão histórica, com referência aos períodos que marcaram o desenvolvimento da arquitetura, a fim de facilitar a compreensão dessa evolução.

A técnica construtiva sempre foi produto da manipulação e aplicação dos materiais de construção, que, em geral, eram adquiridos da região geográfica onde essa técnica se insere. Por isso as primeiras técnicas desenvolvidas sempre utilizaram materiais abundantes no local, como a madeira na região de florestas, a pedra em região montanhosa, o adobe em planícies aluviais, além de peles de animais e fibras vegetais. Atualmente, há uma tendência em utilizar materiais locais por uma questão de sustentabilidade, contrariamente ao que ocorria no passado, devido às dificuldades de transporte e comunicação entre as cidades.

Pode-se afirmar que os condicionantes físicos e climáticos impulsionaram a evolução das técnicas construtivas. Este desenvolvimento de novas tecnologias deve ser utilizado para aprimorar os métodos de se construir, a fim de criar construções de melhor qualidade, com menor custo e menor impacto ambiental.

Desde os tempos mais remotos, os seres humanos precisam de espaços para se reunirem, para compartilharem os alimentos e para terem como território privado, esses espaços foram materializados por meio da construção, ou seja, estruturas artificiais criadas pelo homem (RAPOPORT, 1984).

A humanidade acumulou conhecimentos ao longo da evolução da civilização que permitiram o desenvolvimento da tecnologia da construção, desde a concepção e o cálculo até chegar aos materiais e técnicas construtivas (GRASSELLI, 2004).

Segundo Petrucci (1978), a madeira é provavelmente o mais antigo material de construção utilizado pelo homem. Este material foi utilizado nas mais primitivas cabanas construídas pelo homem. Grande parte dessas construções não chegou até

os tempos modernos, devido à sua durabilidade limitada. Juntamente com a madeira, a pedra estava entre os primeiros materiais usados pelo homem, e escolhidos pelo homem na pré-história devido à sua pronta disponibilizade na natureza. Hoje, os exemplos de construções mais antigas são aquelas em pedra, devido à maior durabilidade deste material.

2.1. PRÉ-HISTÓRIA

A pré-história compreende o período entre o aparecimento do homem na Terra (há 5 milhões de anos) e o surgimento da escrita (3.500 a.C.), e divide-se em Idade da Pedra, que, por sua vez, se subdivide em três fases, e Idade dos Metais. Abaixo, breve descrição dessas fases:

- Idade da Pedra Lascada ou Paleolítico: teve início há cerca de 2 milhões de anos e se estendeu até aproximadamente 8.000 a.C. É durante este período que surgem as primeiras manifestações de arquitetura;
- Mesolítico: período compreendido entre o Paleolítico e o Neolítico, do qual datam as primeiras construções de maior importância que se conhece, que são os monumentos funerários, fazendo com que os mortos sejam os primeiros a receberem uma morada fixa (ROCHA, 2009a);
- Idade da Pedra Polida ou Neolítico: aproximadamente 10.000 a 5.000 a.C.. Nesse momento, o homem começa a abandonar as cavernas para habitar em casas; surgem, então, os primeiros métodos de construção, com madeira, tijolo e pedra. Datam também deste período as estruturas megalíticas, construções feitas com grandes pedras monolíticas.
- Idade dos Metais: aproximadamente 5.000 a 3.500 a.C.. Com o surgimento da metalurgia, são fabricadas as primeiras armas, permitindo que alguns grupos se sobrepusessem a outros.

Os acontecimentos desse período são narrados sem muita precisão de datas ou fatos, devido à inexistência de registros, em função de serem anteriores à escrita.

Os primeiros sinais de construção encontrados por arqueólogos datam de aproximadamente 1,8 milhões de anos, e serviram de abrigo para homínídeos (*Australopithecíneos*) na Garganta Olduvai, na Tanzânia. Foram encontrados elementos semicirculares de pedras, que podem ter servido como quebra-ventos ou como bases de cabanas (RAPOPORT, 1984).

Na sequência, o próximo exemplo encontrado é bem mais recente e data de 300.000 anos, tendo sido descoberto em Terra Amata, nos arredores de Nice, no sul da França. Neste local, foram encontradas 32 cabanas em formato oval alongado, com comprimento de 8 a 15 metros, e largura de 4 a 6 metros. Essas habitações, muito provavelmente, abrigaram mais de uma família. Elas eram construídas cravando-se no solo, em intervalos regulares, vários elementos que se assemelhavam a uma espécie de poste de 7,5 centímetros de diâmetro. Essas estruturas cravadas na periferia da cabana eram amarradas a uma fileira, que era cravada no centro da cabana (Figura 2). Na base dessas “paredes”, do lado externo, eram colocadas pedras para evitar o seu deslocamento (RAPOPORT, 1984).

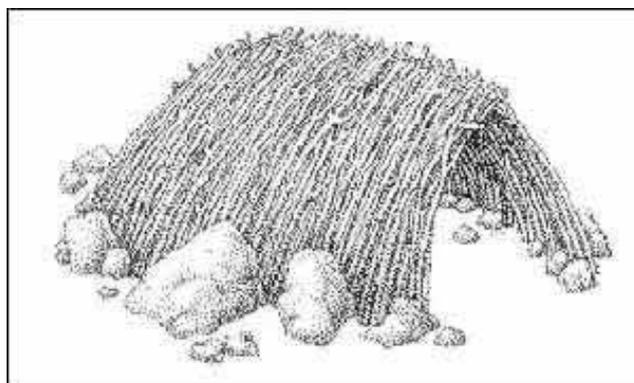


Figura 2 - Ilustração das primeiras cabanas
Fonte: ROCHA, 2009a

O surgimento do homem nas cavernas remonta ao período Paleolítico Final (há cerca de 35.000 anos). Este período é caracterizado pela atuação do homem como nômade, caçador e apanhador de plantas e frutos silvestres, que dependia das forças e dos rumores da natureza, embora ainda não os dominasse ou sequer compreendesse (JANSON, 1993).

Durante o Paleolítico, há provas de que o homem tenha utilizado as cavernas como habitação, e não apenas como locais de rituais, como indicam as pinturas das cavernas de Lascaux (França) e Altamira (Espanha). Nesse período, o homem, que

era nômade e caçador, e já controlava o fogo, além de habitar em cavernas (Figura 3), dá início à construção dos primeiros abrigos, como tendas, choupanas e abrigos escavados no solo cobertos por peles, o que conduz à sua transição do nomadismo para o sedentarismo (ROCHA, 2009a).

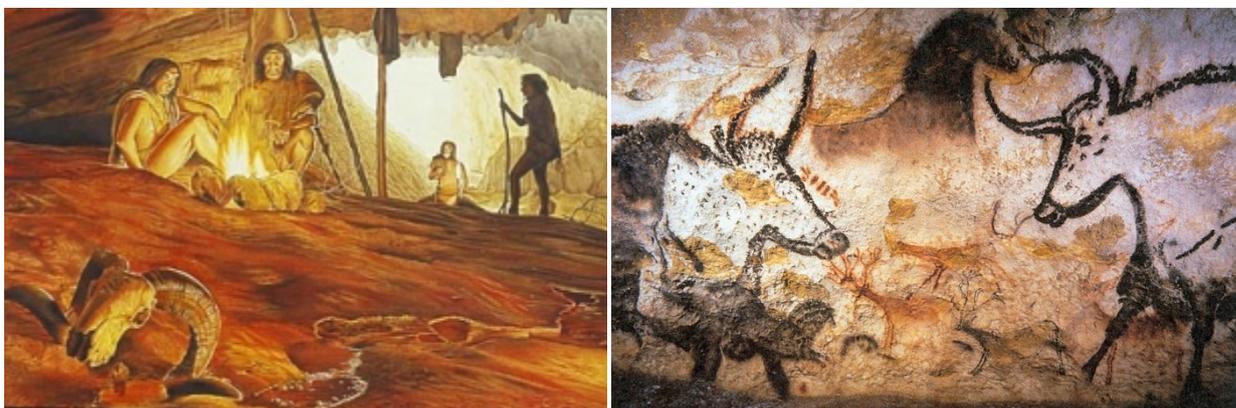


Figura 3 – À esquerda, homem habitando em caverna. À direita, pintura encontrada na gruta de Lascaux.

Fontes: <http://arqaulas.wordpress.com/2009/03/31/base-para-pesquisa-de-imagens/>
http://oglobo.globo.com/ciencia/mat/2008/07/16/unesco_da_ultimato_franca_pelas_pinturas_de_lascaux-547268494.asp

Já o período Neolítico, por volta de 8.000 a.C., é caracterizado pelas primeiras tentativas do homem de domesticar animais e cultivar algumas plantas, assegurando sua alimentação e formando comunidades permanentes e fixas em aldeias. É a partir deste momento que surgem os métodos básicos da construção em madeira, tijolo e pedra (JANSON, 1993).

Em Jericó, na Jordânia, há cerca de 7.000 a.C., já vivia uma comunidade sedentária, que habitava casas de pedra com pavimentos de gesso, dentro de uma cidade fortificada, protegida por muralhas e torres de tosca, mas sólida alvenaria (JANSON, 1993).

Por volta de 100 anos depois, em Çatal Huyuk, na Anatólia, foi descoberta uma cidade com casas de madeira e adobe, agrupadas em volta de pátios abertos, onde não havia ruas e as casas não tinham portas, razão pela qual acredita-se que as pessoas entrassem pelo telhado (JANSON, 1993).

Por volta de 4.000 a.C., no final do Período Neolítico, foram iniciados os primeiros agrupamentos humanos, com características de cidade. O surgimento das primeiras construções acontece com a fixação do homem à terra, que deixa de ser nômade e passa a ser sedentário, a fim de praticar a agricultura. A partir desse momento,

surge a atividade de construção de edifícios, como fruto da necessidade humana de viver em abrigos artificiais (GRASSELLI, 2004).

Na Inglaterra, por volta de 4.000 a.C., ainda na era Neolítica, eram feitos acampamentos com muitas ruas, com cerca de 300 metros de diâmetro, e túmulos com até 150 metros de comprimento que margeavam avenidas. Em Stonehenge, uma dessas avenidas tem cerca de 2.200 metros de extensão; já em Dorset encontrou-se uma avenida com aproximadamente 10 km de extensão. Por volta de 2.500 a.C., são encontrados edifícios de madeira com até 50 metros de diâmetro, dentro de cercaduras de terras, cujo suporte era constituído por fileiras concêntricas de colunas, e que possuíam provavelmente um teto cônico e um pátio central (RAPOPORT, 1984).

Nesta época, também são construídas colinas artificiais, como as Colinas de Silbum, com 40 metros de altura. Essas colinas foram edificadas com camadas em degraus, e utilizaram mais de 255.000 m³ de aterro (RAPOPORT, 1984).

Ainda na Inglaterra, são encontrados vários monumentos de pedra e madeira, construídos com base no “metro megalítico” e que eram utilizados, conforme se cogita, para observações do sol e da lua. Esses elementos apresentavam características da paisagem e estavam ligados a rotas principais (Figura 4). Acredita-se que o povo que construiu essas estruturas complexas tenha vivido em pequenas cabanas ou tendas (RAPOPORT, 1984).

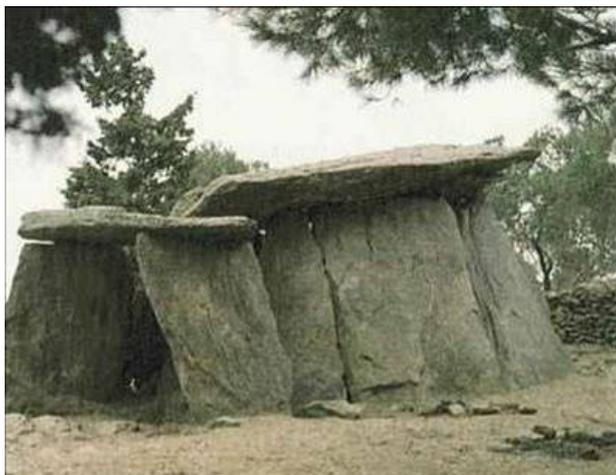


Figura 4 - Estrutura megalítica, chamada de dólmen, em Gerona, na Espanha.
Fonte: ROCHA, 2009a

Embora não haja um consenso, acredita-se que o continente americano tenha começado a ser habitado entre 40.000 a.C. e 20.000 a.C. Nas Américas, as construções mais antigas datam de 7.000 a.C., e a arquitetura atingiu um nível de desenvolvimento tão complexo, que situa este povo fora da pré-história, numa fase conhecida como proto-história. Os incas e maias, civilizações deste continente, utilizaram, em suas construções, a pedra, em larga escala (PETRUCCI, 1978).

2.2. IDADE ANTIGA

A Idade antiga inicia-se com a invenção da escrita, por volta de 3.500 a.C., e termina por volta de 1.500 d.C. Este período presenciou grandes civilizações, como a do Antigo Egito e da Mesopotâmia, que são contemporâneas, e as civilizações grega e romana.

As construções egípcias tinham um caráter predominantemente funerário e podiam ser divididas em mastabas e pirâmides. Essas construções utilizavam a técnica do empilhamento para a execução de muros e paredes, o que lhes dava a aparência inclinada (ROCHA, 2009b; MUMFORD, 1982).

Devido à escassez e má qualidade da madeira na região, a pedra e a argila predominaram como materiais de construção. A pedra foi muito utilizada nos templos e túmulos, ao passo que os tijolos de argila misturados com palha e secos ao sol eram usados nas residências, nos palácios e construções militares.

As alvenarias de pedras eram feitas com junta seca e os tijolos unidos com argamassa de argila ou areia fina. Com os tijolos de barro, os egípcios construíram até abóbadas de berço e cúpulas (Figura 5), e, com a pedra, resolveram problemas de flexão de vigas por meio do “falso engaste”, construíram coberturas e pilares (ROCHA, 2009b).

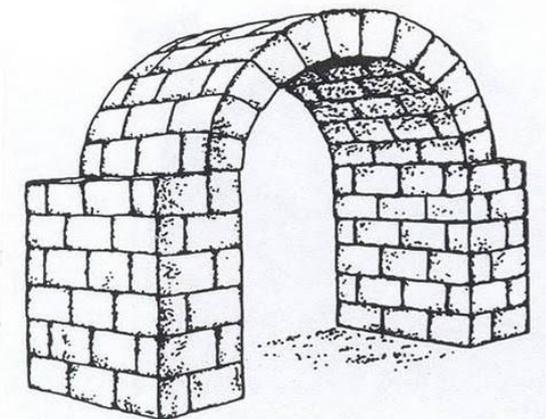


Figura 5 – Abóbada de berço.

Fonte: <http://picasaweb.google.com/lh/photo/ooHPvUKLzI6luNDrUjCofg>

Da civilização egípcia, de 3.000 a 5.000 a.C., pouco restou dos palácios e cidades, e as construções que mais se mantiveram foram os túmulos, edificadas para a eternidade. Os túmulos particulares eram chamados de mastabas, que eram construções de forma quadrangular ou de pirâmide truncada, revestidas de tijolos ou de pedras, erguidas sobre uma câmara funerária subterrânea, ligada a esta por um poço. Mais adiante, estes túmulos se transformaram em pirâmides de degraus (Figura 6), construções maciças para servir de marco do túmulo (JANSON, 1993; MUMFORD, 1982).



Figura 6 – Pirâmide de Quéops, no Egito.

Fonte: http://obviousmag.org/en/archives/2010/06/great_genius_of_the_hellenic_times_-_thales_of_mil.html#ixzz0qlw3SFU

E, posteriormente, as pirâmides passaram a ser construídas com as faces lisas e revestidas de placas de pedra polidas. A partir de 1.500 a.C. são construídos templos funerários e templos religiosos (JANSON, 1993).

A arquitetura egípcia utilizou desde adobes de terra, madeira, cana e outros materiais leves, até pedras talhadas. Os edifícios em pedra eram constituídos por peças sobrepostas, visando à durabilidade. Os egípcios também utilizaram tijolos de adobe cozidos ao sol, e demonstraram domínio das técnicas que utilizavam este material, mais econômico que a pedra (JANSON, 1993).

Tudo indica que as primeiras habitações da civilização mesopotâmica, que se desenvolveu entre os séculos IV e I a.C., tenham sido construídas de choças de junco – planta típica de locais pantanosos, caso da região situada entre os Rios Tigre e Eufrates – e substâncias betuminosas para a impermeabilização. Esta civilização também fez muito uso do adobe, pois a argila era bastante abundante na região (Figura 7). Eles dispunham os tijolos ainda úmidos, para que, ao secarem, constituíssem blocos compactos. Mais tarde, passam a esmaltar a face externa do tijolo, com a finalidade de evitar problemas de umidade (ROCHA, 2009b).

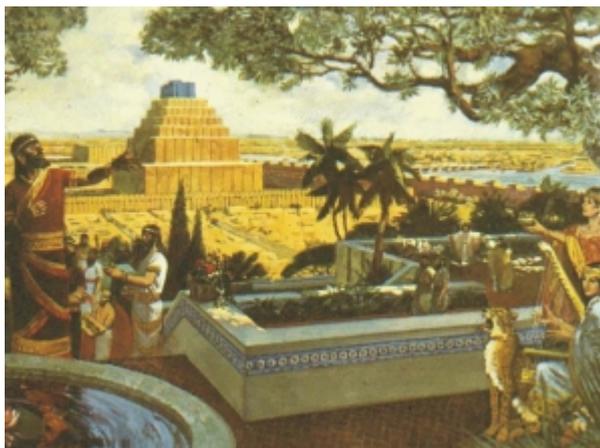


Figura 7 – Ilustração com vista de cidade na Mesopotâmia
Fonte: <http://arqaulas.wordpress.com/2009/03/31/base-para-pesquisa-de-imagens/>

Os templos, conhecidos como zigurates, eram em forma de pirâmide escalonada de vários pisos, executados por meio do empilhamento de pedra e, na maior parte das vezes, sem argamassa. A escassez e má qualidade da pedra e da madeira determinaram sua pouca utilização. Outro material abundante na região da Babilônia era o betume, muito utilizado como argamassa para os tijolos e como impermeabilizante em sistemas de drenagem (ROCHA, 2009b).

Os babilônios eram mestres na construção de abóbadas e utilizavam tijolos esmaltados nas portas de entrada para a cidade. Os famosos jardins suspensos da Babilônia eram terraços elevados, irrigados por canais provenientes do Rio Eufrates.

Os materiais betuminosos são utilizados a partir de 3.000 a.C., por civilizações da Ásia Menor, como material cimentante em alvenarias, para impermeabilizar pisos ou para colar objetos (PETRUCCI, 1978).

Os elementos cerâmicos, primeiramente secos ao sol e depois ao fogo, já eram utilizados desde a construção da Torre de Babel, e se faziam mais presentes nos locais onde as pedras eram mais escassas. Foram muitos utilizados pelos caldeus e assírios, que possuíam técnica apurada e construíram obras monumentais (PETRUCCI, 1978).

A Pérsia ocupou um local, o atual Planalto do Irã, abundante em pedra, razão pela qual usou largamente este material, juntamente com alvenaria de tijolos, coberturas em madeira (ROCHA, 2009b).

Na Suméria, hoje sul do Iraque, a construção predominante era o templo-torre, onde as fachadas tinham decoração de conchas e madrepérola. Os sumérios sabiam utilizar bem a pedra e a madeira, e foram os pioneiros no uso de veículos com rodas.

A Assíria, atualmente parte do Iraque, possuía um elaborado sistema de canais, que trazia água das montanhas para a cidade, e possuía uma rede de ruas e praças. As construções desta cidade eram grandiosas e bastante adornadas.

A Grécia era caracterizada por uma cultura racionalista, fundamentada na dimensão humana e na adoção de regras fixas (análogas às leis da natureza) que definem o sistema de proporções e relações formais nas manifestações artísticas. Os gregos utilizavam a cobertura de telhado em duas águas em lugar de abóbadas, mas usavam a pedra com grande maestria, prendendo-as com grampos de ferro, e, na grande maioria das vezes, sem empregar a argamassa (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

Acredita-se que os gregos tenham elaborado seus primeiros templos em madeira e, em seguida, tenham aprendido a trabalhar a pedra, passando a utilizar a madeira somente nos telhados (Figura 8). Uma das características das construções gregas consiste na observância rigorosa das proporções entre seus elementos e a modulação (raio médio da seção da coluna) (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

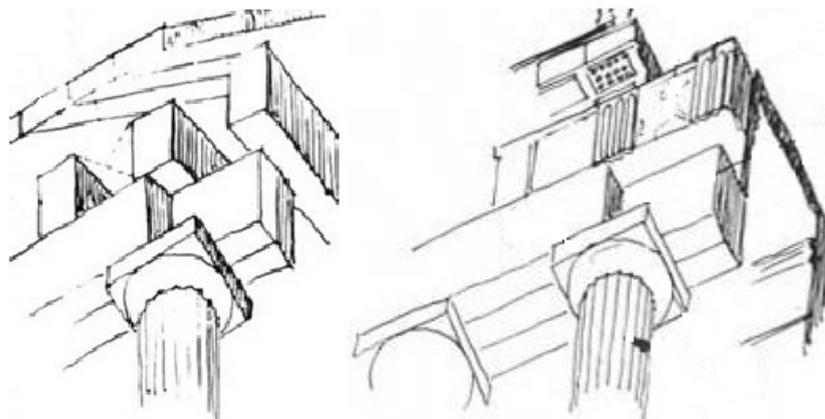


Figura 8 - Sistema construtivo grego utilizando madeira e depois desenvolvido em pedra
Fonte: Adaptado (CARVALHO, 1987), p.152 e 153.

Segundo Carvalho (1987), são os romanos que iniciam o predomínio do aspecto funcional das construções. Essa civilização se caracterizava por absorver tudo o que julgava importante dos povos conquistados, acumulando, assim, vastos conhecimentos. Alguns exemplos são as abóbadas e a alvenaria de pedra aparelhada.

A necessidade de maior agilidade nas construções, de modo a garantir a proteção das cidades conquistadas, fez com que os romanos inovassem na forma de construir. Em vez de executar muros muito espessos apenas com pedras aparelhadas, eles utilizavam as pedras para criar uma espécie de fôrma, preenchendo-a com uma argamassa de pedra, saibro ou areia, e um tipo de cimento vulcânico (pozolana), o que levou ao surgimento do primeiro concreto, também conhecido como betão (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

Outra inovação dos romanos reside nas estruturas em madeira para o telhado. Eles passam a utilizar tesouras de madeira, o que lhes permite obter maiores vãos livres no interior das edificações. Além da madeira, os romanos utilizaram metais nas suas coberturas, tais como o bronze e o ferro (CARVALHO, 1987).

A utilização de arcadas, uma junção da coluna grega com o arco etrusco, juntamente com o betão, permite aos romanos fazer a sobreposição de até três pavimentos, criando um novo sistema estrutural (CARVALHO, 1987).

Outro povo que merece destaque em relação aos sistemas construtivos são os árabes. Muito semelhantes aos romanos, os árabes se apropriaram de todos os materiais e métodos adotados pelas cidades por onde passavam, e nas quais iam

construindo. Por isso, utilizaram a pedra, o adobe, o tijolo e o mármore, e inúmeros tipos de abóbadas e cúpulas, além de variações de arcos como, por exemplo, o ogival e o de ferradura (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

2.3. IDADE MÉDIA

Este período, que é caracterizado pelo Feudalismo e domínio da Igreja Católica, é marcado pelo desenvolvimento das técnicas construtivas nas construções das catedrais.

Com o advento do cristianismo, a unidade do Império Romano é comprometida, e ele se divide em dois: ocidental e oriental. Após 150 anos da divisão, o Império do Ocidente sucumbe, ao passo que o Império do Oriente permanece por mais seis séculos (CARVALHO, 1987).

O império do Oriente, onde se desenvolveu a arquitetura bizantina, contou ainda com progressos na área construtiva, advindos das províncias gregas e asiáticas. Um elemento desse progresso que merece destaque é o desenvolvimento de um sistema de construção de abóbadas chamado sobre pendentes (Figura 9); além da inovação em termos de estabilidade, este sistema permitiu fazer a cobertura de uma superfície quadrada através de um fechamento de planta circular, resultado este que jamais havia sido alcançado (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

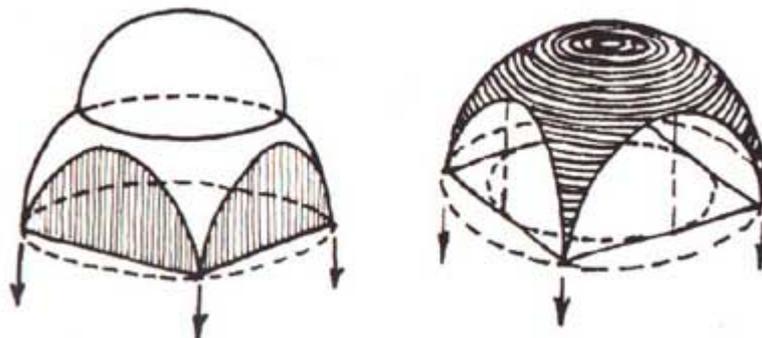


Figura 9 - Abóbadas sobre pendentes
Fonte: CARVALHO (1987), p.182.

As cúpulas da arquitetura bizantina eram de tijolos, e não utilizavam nem moldes ou escoras, embora fossem, por vezes, atirantadas com peças de madeira. Uma edificação que caracteriza este período é a Basílica de Santa Sofia, na Turquia (Figura 10), cuja cúpula central mede 31 metros de diâmetro (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

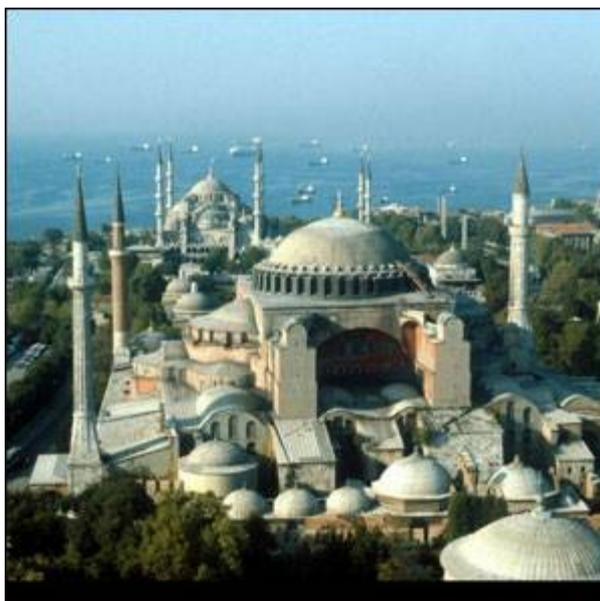


Figura 10 – Basílica de Santa Sofia

Fonte: http://www.bbc.co.uk/portuguese/especial/1542_sevenwonders/page6.shtml

Simultaneamente à arquitetura bizantina, desenvolve-se no ocidente a arquitetura românica, que é marcada pela falta de progresso e estagnação em função das invasões bárbaras, limitando o pouco desenvolvimento aos claustros. Apesar disso, é nesse momento que se iniciam as primeiras tentativas em busca de um sistema estrutural mais leve, que permitisse transladar os apoios internos para o exterior ou cobrir grandes vãos (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

Neste período, são utilizadas as primeiras abóbadas de arestas, elemento este que consegue anular os empuxos laterais das conhecidas abóbadas de berço (Figura 11). Nos casos em que ainda se utilizavam a abóbada de berço, eram previstos contrafortes para absorver seus empuxos laterais. Os sistemas construtivos desse período não permitiam grandes alturas ou paredes delgadas com grandes aberturas; diante de tal necessidade, são desenvolvidos os arcobotantes – arco que escora outro arco para diminuir seu peso sobre as colunas e paredes (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

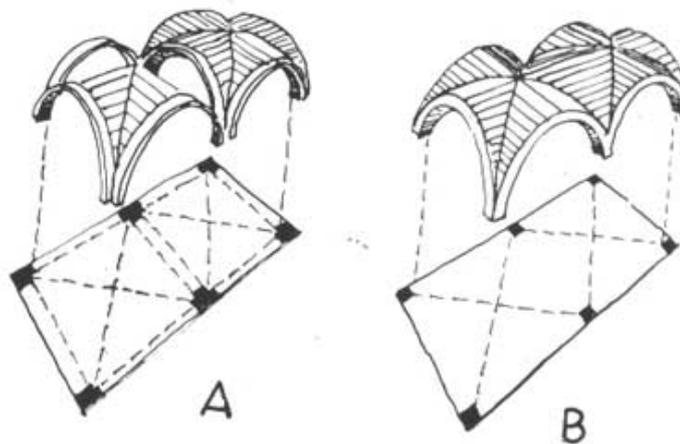


Figura 11 – Em A abóbada de arestas e em B abóbada nervurada.
Fonte: CARVALHO (1987), p.207

Em meados do século XII, dá-se início ao período gótico, que se sobressai até o início do século XVI. Este período tem como característica o início da participação de pessoas de fora da igreja na construção das edificações, e, em particular, das igrejas. É nesse momento que são usados alguns elementos que permitem alcançar o resultado de há muito esperado, a saber, paredes mais finas, vãos maiores para entrada de luz e apoios de dimensões pequenas e distanciados ao máximo. Esse resultado só pode ser alcançado com a utilização de arcobotantes, contrafortes e abóbadas nervuradas, que compunham as famosas catedrais, com suas torres que pretendiam chegar aos céus (CARVALHO, 1987; GYMPEL, 2001).

As abóbadas góticas, abóbadas de arestas com arcos ogivais e nervuras, conseguem transmitir as cargas de forma localizada, permitindo a construção de paredes muito delgadas (ver Figura 12). Outra característica do sistema construtivo utilizado neste período são as pedras cuidadosamente aparelhadas e de pequenos tamanhos, o que facilitava sua montagem e transporte (CARVALHO, 1987).

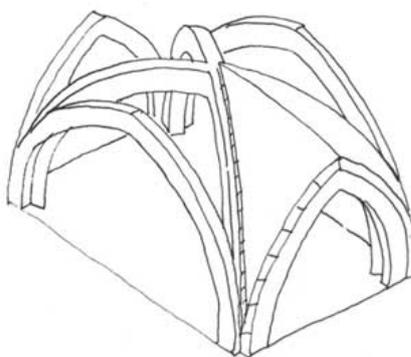


Figura 12 - Abóbada de arestas com arcos de ogiva.
Fonte: CARVALHO (1987), p.218.

2.4. IDADE MODERNA

Este período é iniciado com o chamado Renascimento, a partir da Tomada de Constantinopla, no século XV, sendo uma fase marcada pela rejeição à cultura medieval.

O Renascimento, movimento que pretendia restabelecer padrões de forma da arquitetura greco-romana, teve grandes nomes nas áreas da pintura, escultura e mesmo arquitetura. A arquitetura do Renascimento foi influenciada pela redescoberta de antigos tratados arquitetônicos romanos, e por uma maior liberdade no campo da pesquisa científica, permitindo alguns avanços nas técnicas construtivas (GYMPEL, 2001).

Os conhecimentos acumulados no período medieval, tais como o controle de diversos tipos de cúpulas, puderam ser aplicados de forma diferente, incorporando a linguagem clássica. Neste período, não há a exigência de invenção de coisas novas, mas de aperfeiçoamento das estruturas já existentes (CARVALHO, 1987).

Após a Antiguidade Clássica, é somente neste período que a habitação volta a assumir importância para a arquitetura, pois as elites passam a exigir casas de porte vultoso, que lhes permitissem ostentar suas riquezas (GYMPEL, 2001).

Um avanço muito importante na construção civil, e que influenciou positivamente nos processos construtivos, foi a definição, por meio de desenhos, modelos etc., ou seja, de projetos, da forma como a obra seria construída (Figura 13). Com efeito, até então, as decisões sobre as construções eram tomadas diretamente no canteiro, e não com antecedência. A partir deste momento, instituiu-se uma distinção entre duas fases: a do projeto e a da execução (BENÉVOLO, 2005; BEZERRA, 2010).

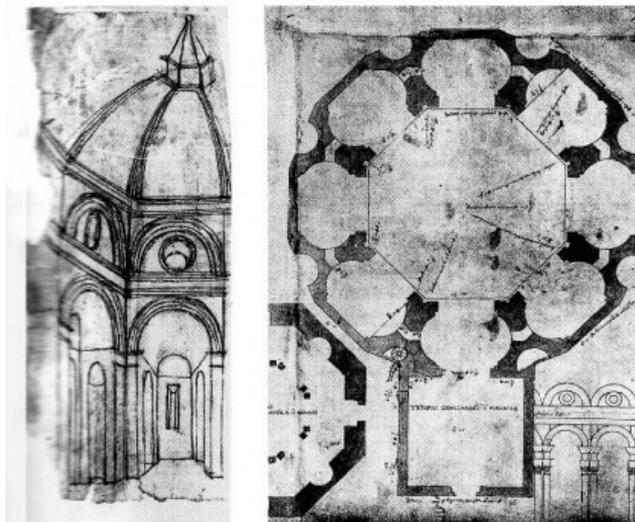


Figura 13 - Representação renascentista: desenhos da Igreja de Santa Maria degli Angeli, de Brunelleschi
Fonte: FONSECA (2011)

Segundo Benévolo (1976), a ciência das construções nasce no século XVII, juntamente com as primeiras leis de mecânica, formuladas por Galileu, Hooke e Mariotte. Já no século XVIII, são estudados os sistemas de construção e o emprego dos materiais, para que estes pudessem ser utilizados em sua totalidade, como, por exemplo, a estabilidade de cúpulas e a medição da resistência dos materiais.

Como reação ao Renascimento, surgem os arquitetos maneiristas, que possuíam certo sentimento anticlássico, apesar de se utilizarem das formas clássicas, apenas começando a desconstruir seus ideais. Posteriormente, no final do século XVI, nasce o Barroco, que potencializa essa insatisfação do Maneirismo com as normas clássicas, inovando nas formas da arquitetura, e passando a utilizar espaços elípticos, curvilíneos e vitalidade de formas.

2.5. IDADE CONTEMPORÂNEA

Durante a Revolução Industrial (século XVIII), construção significava todos os tipos de edificação, quer fosse ela pública ou particular, estradas, pontes, canais, movimentos de terra e obras urbanas, ou seja, compreendendo basicamente todo

manufaturado de grande dimensão, onde a questão mecânica não era preponderante (BENÉVOLO, 1976).

A Revolução Industrial modificou a técnica de construir. Os materiais tradicionais, tais como pedra, tijolo e madeira, passam a ser trabalhados de forma mais racional, e há o advento de novos materiais, como o ferro gusa, o vidro e um pouco mais tarde o concreto armado. Os canteiros de obras passam a ser mais bem aparelhados, com a difusão das máquinas de construir, e o desenvolvimento da geometria contribui para a representação exata da construção. Por outro lado, o aparecimento de escolas especializadas forma grande número de profissionais, e ainda, os novos métodos de reprodução gráfica permitem a rápida difusão desses conhecimentos (BENÉVOLO, 1976; GYMPEL, 2001).

A demanda crescente da Revolução Industrial por novos espaços incrementa o número de construções, sejam elas casas, estradas, fábricas, canais ou edifícios públicos. Essas construções passam a ser vistas como um meio de produção, e não mais como somente um bem imóvel (BENÉVOLO, 1976; GYMPEL, 2001).

No século XIX, Louis-Marie H. Navier, da Escola Politécnica de Paris, considerado o fundador da ciência das construções modernas, publica diversos resultados de estudos, com fórmulas preexistentes, permitindo que a ciência das construções se popularizasse, deixando de ser somente um privilégio de um grupo com intelecto superior. Ainda na França, surgem inovações que promovem um avanço na área da construção, a saber, a invenção da geometria descritiva e a introdução do sistema métrico decimal (BENÉVOLO, 1976).

A geometria descritiva formula procedimentos para que possam ser representados objetos em 3 dimensões sobre 2 dimensões. O desenho torna-se a principal forma de projetar, influenciando a concepção dos espaços. As visuais do edifício são controladas e direcionadas para um ponto de vista específico, e pode-se antecipar a realidade por meio do desenho. O sistema métrico decimal, introduzido pela Revolução Francesa e homologado em 1875, facilita a comunicação entre áreas diversas da indústria, trazendo uniformidade, e facilitando a difusão dos conhecimentos e as trocas comerciais (BENÉVOLO, 1976; BEZERRA, 2010).

O ferro e o vidro, embora utilizados desde a Antiguidade, somente virão a ser utilizados em larga escala a partir do século XVIII, devido aos progressos da indústria.

Inicialmente, o ferro é usado para ligar pedras, como uma forma de armação, e em coberturas leves. No final do século XVIII e início do século XIX, com a evolução do material, passam a ser construídas diversas pontes em ferro, inicialmente na Inglaterra e, depois, na França (ver Figura 14). Difundem-se também a construção de edifícios, com colunas e vigas formando o esqueleto de edificações, principalmente industriais, assim como a utilização de esquadrias e elementos decorativos (BENÉVOLO, 1976; GYMPEL, 2001).



Figura 14 – Ponte Coalbrookdale, na Inglaterra. Construída em 1779, com um vão de 30 metros em ferro fundido.

Fonte: http://4.bp.blogspot.com/_e9tAjyH6diw/SRpNSBivBQI/AAAAAAAAACE/LVEIDWYapi8/s1600-h/CoalbrookdaleBridge.jpg

O vidro é utilizado desde 5.000 a.C. como elemento decorativo nos túmulos egípcios, mas somente a partir do século XVII é que passa a ser mais empregado nas construções (PETRUCCI, 1978).

A partir da segunda metade do século XVIII, o vidro já é produzido em lâminas de até 2,50 x 1,70 m. No início do século XIX, o vidro passa a ser aplicado para fechar ambientes, chegando a ser associado ao ferro (Figura 15), para a criação de coberturas translúcidas (BENÉVOLO, 1976; GYMPEL, 2001)

Apesar dos progressos técnicos, as moradias deste período ainda são construídas com técnicas utilizadas desde a Idade Média. Alguns progressos do período são

usados nas habitações, tais como: uso do vidro nas janelas em lugar do papel, e uso da ardósia e telhas na cobertura em lugar da palha (BENÉVOLO, 1976; FOLZ, 2008).

Em 1796, Joseph Parker cria, na Inglaterra, um produto que denominou de “cimento romano”, um cimento natural de pega rápida. Este produto passa a ser produzido em escala industrial a partir de 1830 (PETRUCCI, 1978).



Figura 15 – Pavilhão com fechamento em vidro, construído para abrigar a Exposição de Londres de 1851, projeto do arquiteto-paisagista Joseph Paxton.

Fonte: <http://www.territorios.org/teoria/engenharia/target3.html>

Em 1824, Joseph Aspdin, também na Inglaterra, obtém a concessão de uma patente para um produto denominado de “cimento portland”, uma mistura de argila e calcário. Mas é apenas em 1845 que Isaac Johnson vem a produzir o verdadeiro cimento artificial de pega normal, muito semelhante ao que se conhece hoje como cimento Portland (PETRUCCI, 1978).

Em 1850, o francês Joseph Louis Lambot desenvolveu as primeiras experiências com o concreto armado. Em 1858, um jardineiro francês de nome Monier combina o ferro com o cimento, com o objetivo de fazer vasos mais resistentes, descobrindo o concreto armado. Já em 1867, graças a um engenheiro, também francês, são apresentadas, na Exposição Universal de Paris, normas para a fabricação de vigas, abóbadas, tubos, entre outros, de concreto armado (CARVALHO, 1987).

Mais adiante, são desenvolvidos estudos que permitem mostrar a grande potencialidade desse novo material, agregando as características da pedra e do

cimento com o ferro, e proporcionando grandes avanços em termos de sistemas construtivos. Uma das grandes revoluções na forma de construir consiste no fato de que as paredes deixam de desempenhar a função de sustentação, passando a ser destinadas apenas ao fechamento das construções, o que tornará a estrutura independente (CARVALHO, 1987; FOLZ, 2008).

No Brasil, os primeiros sinais de produção do cimento Portland datam de 1888, e, em 1898, o produto já estava em circulação no mercado brasileiro (PETRUCCI, 1978).

Com o advento da construção metálica e do concreto armado, a pedra praticamente deixa de ser utilizada como material estrutural (Figura 16), por ser mais frágil que as estruturas metálicas e em concreto armado, e por resistir bem somente aos esforços de compressão, limitando, assim, a criação de novas formas. As pedras passam a ser aplicadas em outros usos, tais como fundação, pavimentação, agregados para o concreto e, posteriormente, como material de revestimento (PETRUCCI, 1978).



Figura 16 – Notre-Dame de Paris, construída no séc. XII, quando ainda se utilizava a pedra como material estrutural.

Fonte: <http://www.notredamedeparis.fr/Fete-de-la-Dedicace-de-la,1009>

As primeiras aplicações do aço no Brasil datam do século XVIII, sendo tal material proveniente, de início, de países da Europa. Em 1923, é inaugurada, no Brasil, a primeira fábrica de estrutura metálica, a Companhia Brasileira de Construção Fichet

Schwartz Hautmont. Em 1946, surge a primeira usina siderúrgica de grande porte, a Companhia Siderúrgica Nacional (TÉSIO, 2007).

Longe do caminho histórico do desenvolvimento das construções, é nos Estados Unidos que surgem novas concepções das construções, os arranha-céus (Figura 17), resultado do crescimento urbano vertical e de uma nova forma de conceber o espaço urbano, rompendo com os padrões estabelecidos desde a Antiguidade. Após o progresso tecnológico, os materiais passam a ser tratados de forma diferente, de maneira a atender às exigências da funcionalidade, e a solucionar problemas ligados à habitação e ao conforto dos usuários. O uso do concreto armado trouxe leveza às edificações, permitindo a substituição de paredes por materiais transparentes.



Figura 17 – Guaranty Building – edifício de escritórios de 13 pavimentos, do arquiteto Louis Sullivan, construído em Buffalo, Nova Iorque, em 1895.

Fonte: http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/fa267/sullivan.html

2.6. A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

A atividade de construir sofreu mudanças desde sua origem, principalmente com o uso da tecnologia em substituição parcial do empirismo, e com a especialização de profissionais (SANTOS, 2009).

A evolução da construção civil brasileira segue os mesmos padrões da evolução mundial, apresentando, durante o seu curso, um atraso tecnológico significativo, que só foi superado com alguns anos de atraso. Esta diferença foi superada em alguns momentos durante os quais o Brasil avançou em certos sistemas construtivos, tornando-se vanguarda, como aconteceu, por exemplo, em relação ao concreto armado.

O desenvolvimento das primeiras técnicas construtivas no Brasil inicia-se com a chegada dos primeiros colonizadores no século XVI, que aplicam, no novo país, técnicas já conhecidas na Europa.

As primeiras construções foram os fortes e as igrejas (Figura 18), além, obviamente, das habitações. Apenas no final do século XVIII foi criada, no Brasil, uma escola que deu início à profissionalização do setor da construção, a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho. Alguns anos mais tarde, no início do século XIX, foi criada a Academia Real Militar do Rio de Janeiro, que, posteriormente, também permitiu o ingresso de civis (TÉRIO, 2007). Sendo assim, pode-se afirmar que a construção brasileira só começou a se desenvolver após este período de criação das escolas responsáveis pela formação de profissionais habilitados para atuar e pesquisar neste setor.



Figura 18 - Igreja de Nossa Senhora do Carmo, Olinda - Pernambuco, de 1720, período colonial.
Fonte: NEVES (2005)

Até o início do século XX, ainda prevaleceram as construções de igrejas, como sendo as únicas edificações que mereciam maior atenção dos técnicos. As construções de habitações e, até mesmo de prédios públicos, estavam relegadas a um segundo plano, utilizando técnicas simples, tais como o uso da pedra e da cal ou da taipa (Figura 19). Apenas sob a influência da Missão Artística Francesa, no decorrer do século XIX, é que os padrões construtivos para estes tipos de edificações passam a mudar, com o uso de tijolos e até de estrutura metálica (TÉSIO, 2007; BEZERRA, 2010).



Figura 19 – Casa Bandeirista, no Butantã, em São Paulo, construção em taipa da primeira metade do século XVIII.

Fonte: http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aup0146/Casa_do_Bandeirante_-_Revisao.pdf

Já na década de 1950 o Brasil passou por um intenso processo de industrialização. Em 1960, há um “boom” na construção civil, com a construção de Brasília. Após o início do Regime Militar de 1964, foi criado o Sistema Financeiro de Habitação (SFH), destinado a apoiar a construção e a aquisição de habitações (MELLO, 1997).

Em 1964, foi criado o Banco Nacional de Habitação (BNH). A construção de habitações populares financiadas pelo SFH, por intermédio do BNH, teve grande importância para o desenvolvimento da indústria da construção civil (edificações) nesse período (MELLO, 1997; BEZERRA, 2010).

No início da década de 1970, o Brasil experimentou um rápido crescimento econômico, o chamado “Milagre Econômico”, que pode ser verificado pelo aumento de seu PIB (produto interno bruto), elevando-se, na média, de 3,7% de 1962 a 1967 para 11,3% nos anos de 1968 a 1974. Nesse período, também podem ser identificadas várias obras de infraestrutura realizadas, observando-se, ainda, um crescimento no subsetor de edificações, com recursos garantidos pelo BNH. Esse período foi também caracterizado pela grande participação do Estado em vários

setores da indústria, o que constituiu um fator de grande relevância para a economia do país (MELLO, 1997).

A facilidade na obtenção de recursos para a construção de edificações e a lógica do lucro fácil fizeram com que as empresas produzissem em grande quantidade e sem grande preocupação com certos aspectos, tais como produtividade, custos e qualidade. Ademais, a facilidade em obter financiamentos fez com que muitos devedores do BNH ficassem inadimplentes. Esses fatos colaboraram para o fracasso da estrutura financeira do SFH, que atingiu seu auge no final dos anos 70 (MELLO, 1997; FOLZ, 2008).

No ano de 1973, o crescimento econômico brasileiro foi interrompido pela chamada “crise do petróleo”. Com o aumento do preço deste produto, o Brasil, que importava mais de 80% do petróleo que consumia, viu o saldo da sua balança comercial tornar-se deficitário. Já em 1979, ocorreu uma outra crise do petróleo, que prejudicou ainda mais a economia brasileira. Entretanto, o governo tentou manter o mesmo ritmo de obras dos anos anteriores, ao custo de altas taxas de juros e endividamento externo (MELLO, 1997).

Os resultados dessas medidas começaram a ser sentidos a partir da década de 80, com a estagnação econômica e a explosão inflacionária, quando o setor da construção civil entrou em recessão. A partir da década de 80, a construção civil começou a se industrializar, com a introdução, no Brasil, de processos construtivos mais racionalizados (SANTOS, 2009; BEZERRA, 2010).

Somente a partir de 1984 é que a indústria da construção civil começou a se recuperar, graças a medidas que foram sendo implementadas para superar a crise. Com o Plano Cruzado, em 1986, o poder aquisitivo da população foi aumentado, permitindo assim que as compras fossem retomadas, movimentando novamente o setor. Naquele mesmo ano, foi extinto o BNH. Após um período de menos de um ano, o governo foi obrigado a lançar outros planos econômicos, visando controlar a inflação, cujos índices tornavam a se elevar (MELLO, 1997).

A partir do final da década de 80, com a queda dos financiamentos de origem estatal, houve uma redução nos preços e, conseqüentemente, uma redução na margem de lucro, o que forçou as empresas a melhorarem sua produtividade, por meio da reorganização da produção e utilização de inovações tecnológicas (MARTINS, 2004).

Em 1988, foi promulgada a nova Constituição Federal, que trouxe consigo uma nova legislação trabalhista e, com esta, uma elevação nos encargos das empresas. No governo de 1990, foi decretado um plano econômico que causou grande perda de liquidez nas empresas da construção civil, fazendo com que o PIB deste período crescesse negativamente, e levando à demissão de milhares de operários (MELLO, 1997).

A partir de 1990, as influências políticas e econômicas, tais como as privatizações das empresas estatais, os efeitos da globalização, a diminuição da intervenção do estado no mercado, a variação da moeda, o aumento da taxa de juros, a exigência do governo aos programas de qualidade, o aumento da competitividade, diminuição dos riscos nos investimentos e a diminuição das margens de lucro, forçaram as empresas a aperfeiçoar seus meios de produção para a obtenção de uma vantagem comparativa em relação aos seus concorrentes, e para a manutenção do nível de competitividade (NASCIMENTO e SANTOS, 2003; FOLZ, 2008).

Algumas mudanças sócio-econômicas significativas, tais como a promulgação do Código de Defesa do Consumidor, em 1991, e as políticas lançadas pelo Governo visando à estabilidade econômica, marcaram um momento de transição na indústria da construção civil caracterizado pela falta de um sistema contínuo e seguro de financiamento, pelo aumento das exigências dos clientes, descrédito das empresas pela baixa qualidade, e possível aumento da concorrência com a entrada de empresas estrangeiras (FRANCKLIN JÚNIOR e AMARAL, 2008; FOLZ, 2008).

Nesse momento, e graças à abertura do mercado, o Brasil vivenciou um avanço nas tecnologias para construção, permitindo a instalação de grandes empresas internacionais no país, assim como a importação de produtos e tecnologias, possibilitando o acesso das empresas a novos materiais, componentes e equipamentos, e contribuindo para a evolução do setor (MARTINS, 2004; FOLZ, 2008).

O lucro passa a ser viabilizado por meio da redução de custos, do aumento da produtividade e da busca de soluções tecnológicas e de gerenciamento para aumentar o grau de industrialização do processo produtivo, e não mais somente em função da valorização imobiliária do produto final (MDIC; IEL, 2005).

A partir de 1993, a economia começou a reagir novamente, e, apesar de todo esse período de crise, a construção civil pode, desde então, desenvolver métodos de construção racionalizada e industrializada em busca da redução de custos, assim como programas de qualidade e melhoria da produtividade, além do aumento do número de pesquisas sobre o assunto (MELLO, 1997).

Devido às exigências do mercado por preços mais competitivos, a relação entre preço de venda e custo de um empreendimento para atingir lucro torna-se diferente. Substituindo o método de acordo com o qual o preço de venda resultava da soma entre os custos e o lucro estipulado pelo empreendedor, há uma redução do lucro, que passa a variar em função do preço de mercado e dos custos (Figura 20); portanto, quanto menor o custo de produção, maior poderia ser a lucratividade (BARROS e SABBATINI, 2003).

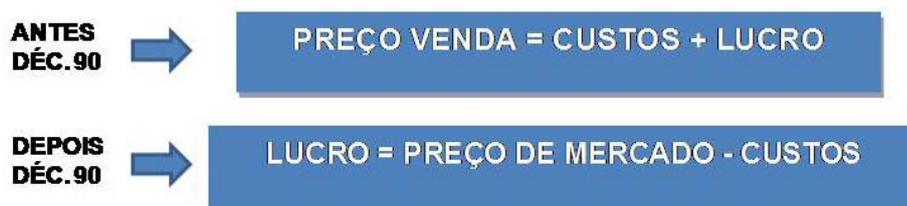


Figura 20 – Relação preço de venda e custo, antes e depois da década de 1990.

No primeiro período do Plano Real, em 1994, a estabilidade econômica e a elevação do custo da mão-de-obra também fizeram com que as empresas do setor da construção civil se utilizassem da tecnologia como ferramenta de competitividade, investindo na modernização dos meios de produção (MARTINS, 2004).

Historicamente, o setor da construção civil brasileiro apresenta uma evolução tecnológica muito lenta, se comparada a outros setores da indústria, revelando uma baixa produtividade, assim como elevados índices de desperdícios de material e mão-de-obra (MDIC; IEL, 2005). A seguir, o Gráfico 1 apresenta um resumo do histórico da indústria da construção civil no Brasil.

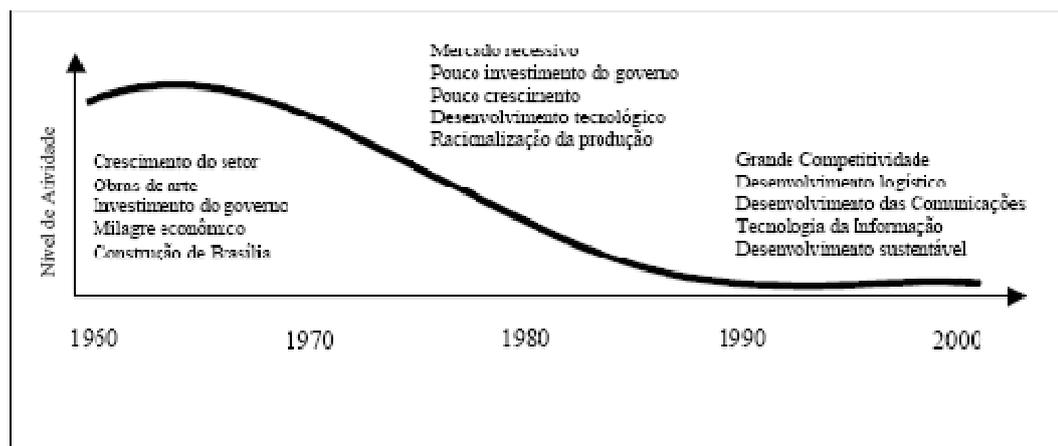


Gráfico 1 - Histórico da indústria na construção civil no Brasil da década de 1960 a 2000.
Fonte: NASCIMENTO e SANTOS (2003)

De acordo com Francklin Júnior e Amaral (2008), observa-se, atualmente, na construção civil, a introdução de uma grande variedade de materiais, ferramentas, equipamentos, técnicas especiais, processos construtivos e administrativos, o que contribui para o aperfeiçoamento de vários aspectos que conduzem à maior qualidade e à redução dos desperdícios.

2.7. A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Para conhecer a importância da Construção Civil no âmbito da economia brasileira, é necessário primeiramente definir a forma como é composto este setor. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) separa o setor da construção civil em dois subsetores: construção pesada e edificações (CLETO, 2006).

De acordo com o produto final, a indústria da construção civil pode ser dividida em três subsetores: construção pesada, montagem industrial e edificações (Figura 21). O subsetor de construção pesada envolve obras de infraestrutura, tais como obras viárias, saneamento e usinas. O subsetor de montagem industrial engloba obras de montagem de estruturas para a instalação de indústrias, de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e telecomunicações. E o subsetor de edificações tem como característica a construção de edifícios e os serviços complementares relacionados a ela (MELLO, 1997).



Figura 21 - Composição do setor da construção civil brasileira

O subsetor de edificação é caracterizado pelo número reduzido de grandes empresas que fazem parte deste setor, e grande número de pequenas empresas que participam do mesmo, além dos diferentes graus de complexidade das obras, fazendo com que este subsetor seja considerado bastante heterogêneo (MELLO, 1997).

No entanto, existem outras definições mais abrangentes para conceituar o setor da construção civil. O chamado macrocomplexo Construção Civil engloba, além da indústria da construção civil propriamente dita (edificações, construção pesada e montagem industrial), toda a cadeia produtiva de suporte a estas atividades, que fornece insumos para este setor (ver Figura 22), tais como: extração e beneficiamento de minerais não-metálicos, insumos metálicos, madeira, cerâmica e cal, cimento, e insumos químicos (CLETO, 2006).



Figura 22 – Composição do macrocomplexo da construção civil brasileira.

Fonte: adaptado de OLIVEIRA (2008), p.35.

Outro conceito ainda mais abrangente é o chamado Construbusiness¹, que, além do macrocomplexo da construção civil, engloba também os bens de capital para a construção e outros serviços diversos, tais como atividades imobiliárias, serviços técnicos de construção e atividades de manutenção de imóveis (Figura 23 e Figura 24). Segundo MDIC; IEL (2005), este setor era responsável por 15,6% do Produto

¹ Termo criado em estudo de 1996 financiado pela Comissão da Indústria da Construção da FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) (OLIVEIRA, 2008).

Interno Bruto (PIB) do país, ao passo que a construção civil (construção pesada e edificações) respondia por cerca de 10,3%.



Figura 23 – Composição do Construbusiness.



Figura 24 – Resumo da composição da indústria da construção civil brasileira.

De acordo com Kureski *et al.* (2008), em 2004, o PIB do macrocomplexo Construção Civil correspondeu a 7,59% da economia brasileira e gerou 15,2 milhões de empregos. Já de acordo com o valor fornecido pelo IBGE (Pesquisa Anual da Indústria da Construção – PAIC – 2005), o PIB do setor da construção civil no mesmo período foi de 5,1%. Essa divergência de valores ocorre primeiramente devido à definição adotada pelo IBGE para o setor da construção civil, e, ainda, em decorrência de uma diferença na metodologia adotada no cálculo, pois o valor do IBGE não considera as relações intersetoriais, e nem o número de empregos indiretos gerados ou os reflexos do setor sobre a economia.

Já segundo Cleto (2006), a participação da cadeia produtiva da construção civil no PIB do país foi, em 2004, de 16%, sendo tal cadeia representada pelo segmento de materiais de construção, pela construção propriamente dita de edificações e obras

de infraestrutura, pelos serviços de comercialização imobiliária, serviços técnicos de construção e atividades de manutenção de imóveis.

A construção civil é considerada um setor-chave para a economia nacional, pois é grande consumidora de produtos de outros segmentos industriais, formando uma ampla cadeia produtiva, que se estende desde a indústria extrativista mineral até a comercialização dos imóveis. Daí ser conhecida como uma atividade essencial para alavancar o crescimento econômico de um país (KURESKI *et al.*, 2008).

Além disso, o setor da construção apresenta um reduzido coeficiente de importação, composto por menos de 2% de sua demanda total, o que não pressiona a balança comercial e o balanço de pagamentos do país. Outro fator importante consiste no fato de que, de uma forma geral, a indústria da construção não depende de financiamentos externos (CEE/CBIC, 2009).

O Banco Mundial estima que, para cada 1% de crescimento em infraestrutura, haja um crescimento de 1% do PIB, em média. E a cada 1% acrescido, aumente-se em 0,5% o nível de emprego (CEE/CBIC, 2009).

Além da importância econômica, a construção civil também possui importância no âmbito social, já que emprega um grande contingente de mão-de-obra, em geral desqualificada e com baixo nível de escolaridade. A sua importância social é ainda maior devido ao alto índice do déficit habitacional, que chegou, em 2009, a quase 8 milhões de moradias, fazendo com que este setor seja o responsável por suprir esta carência.

Dados da Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) do IBGE mostram que, em 2007, a indústria da construção absorveu 1,8 milhões de trabalhadores, o que representava 6,2% da população economicamente ativa do país.

Estima-se que, para cada 100 postos de trabalhos criados diretamente no setor da construção civil, sejam gerados outros 285 indiretos. Para cada 1 bilhão de reais investido na construção, avalia-se que sejam criados 177 mil novos postos de trabalho, sendo 34 mil diretos e 143 mil indiretos (CEE/CBIC, 2009).

Outra característica do setor, a demonstrar sua importância no âmbito nacional, consiste no fato de tratar-se do setor que mais gera impostos indiretos líquidos, além

de exercer influência sobre os impostos pagos por outros setores da atividade (MDIC; IEL, 2005).

Pode-se perceber que a construção civil no Brasil possui grande participação na economia do país, tendo em vista que, em momentos de crises financeiras, é neste setor que o governo concentra suas ações visando alavancar a economia. Um exemplo recente que ilustra tal afirmação consiste no anúncio de aumento na disponibilidade de crédito para financiamento de habitações, visando fomentar a indústria da construção civil, e assim favorecer a economia, mitigando os efeitos da crise desencadeada nos Estados Unidos, em 2008, e que influenciou o restante do mundo.

2.8. CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil possui uma série de características inerentes ao seu processo de produção e ao seu próprio mercado, e que dificultam a aplicação de conceitos e procedimentos criados pelas modernas teorias de organização e gestão, comumente utilizadas nas indústrias de bens de consumo (BARROS e SABBATINI, 2003).

A indústria da construção apresenta uma qualidade aquém do seu potencial, em virtude das características peculiares desta indústria, que dificultam a aplicação de técnicas modernas de controle de qualidade. Meseguer (1991) enumera 10 características que dificultam essa melhoria, e que, por isso, devem ser estudadas e analisadas, com vistas ao aprimoramento do sistema de produção dessa indústria. São elas:

- Indústria de caráter nômade: o que dificulta a repetição e manutenção dos padrões de qualidade, ou seja, dificuldade em manter as mesmas características nas matérias-primas e nos processos;
- Cria produtos únicos, dificilmente repetidos, e não produtos seriados, como na maioria das indústrias;

- A produção é centralizada, ou seja, os operários se movem em torno de um produto fixo, ao passo que, em outras indústrias, a produção é em cadeia, onde os produtos são móveis e passam pelos operários fixos, o que facilita a organização e o controle;
- A indústria da construção civil é muito tradicional e resistente a alterações muito acentuadas;
- Utiliza mão-de-obra pouco qualificada, muitas vezes de caráter temporário, o que resulta em poucas oportunidades de promoção e dificuldade de capacitação profissional, resultando em desmotivação, baixa produtividade e qualidade deficiente;
- A indústria da construção civil realiza grande parte de seus trabalhos em locais sujeitos às intempéries, o que dificulta o curso das obras, chegando até mesmo a postergar sua conclusão;
- Contrariamente ao que ocorre em várias outras indústrias, a construção civil fabrica um produto cujo que, na grande maioria das vezes, só vai ser adquirido pelo usuário uma única vez. Isso faz com que a experiência desse usuário, assim como a sua exigência, não influa muito sobre a qualidade do produto, desestimulando os esforços dessa indústria rumo ao aprimoramento;
- A construção utiliza especificações complexas e confusas, ao passo que as outras indústrias empregam especificações simples e claras, ainda que os produtos sejam complexos;
- As responsabilidades são dispersas e pouco definidas, enquanto que, em outras indústrias, são concentradas e bem definidas;
- O grau de precisão na construção civil é muito menor do que em outras indústrias, tornando, assim, a construção demasiadamente flexível.

CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (MESEGUER, 1991)	
1.	Indústria de caráter nômade
2.	Cria produtos únicos
3.	Produção centralizada
4.	Resistente a mudanças
5.	Mão-de-obra pouco qualificada
6.	Local de produção sujeito a intempéries
7.	Consumidor pouco exigente
8.	Dificuldade nas especificações
9.	Responsabilidades dispersas
10.	Pequeno grau de precisão

Quadro 2 – Resumo das características da construção civil de acordo com MESEGUER (1991)

Na construção civil, participam diversos setores com interesses diferentes, o que dificulta o entendimento e a chegada a um coeficiente comum para alcançar a qualidade. Dentre estes intervenientes, podemos citar o projetista, o fabricante de materiais, o construtor, o empreiteiro, o usuário, as normas e a administração pública, só para citar alguns (MESEGUER, 1991).

O processo construtivo, segundo Meseguer (1991), pode ser esquematizado por cinco atividades principais: planejamento, projeto, materiais, execução e uso-manutenção (Figura 25).



Figura 25 – Processo construtivo e suas fases
Fonte: Adaptado MESEGUER (1991)

Além das características enumeradas anteriormente, propostas por Meseguer (1991), acrescentam-se a essas, de acordo com Martins (2004), outras que são características da construção que oferecem resistência à inovação:

- Escala física: o tamanho das construções causa algumas limitações ao desenvolvimento e uso de inovações, pois, em geral, as edificações são fabricadas já no seu local de uso final, ficando a pré-fabricação limitada às fábricas e ao tipo de transporte disponível, o que restringe o controle da qualidade;
- Complexidade: as construções são constituídas por sistemas diferentes que interagem para formar o produto final, tornando-se um sistema complexo e de difícil controle operacional;
- Período de uso: o período de uso de uma construção varia em torno de 50 anos, razão pela qual as inovações não podem ser avaliadas em um curto prazo;
- Contexto organizacional: devido ao contexto organizacional característico da construção civil, que se dissolve a cada conclusão de um projeto, a inovação ocorre de forma fragmentada, dividida por etapa da construção (projeto, fabricação, implantação);
- Contexto social e político: as construções são, em geral, desenvolvidas e avaliadas com base em normas e regulamentos criados por instituições públicas, e não de acordo com o seu desempenho, como acontece com os produtos manufaturados tradicionais.

CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL QUE OFERECEM RESISTÊNCIA À INOVAÇÃO
1. Escala física
2. Sistema complexo
3. Período de uso
4. Contexto organizacional
5. Contexto social e político

Quadro 3 – Resumo das características da construção civil que oferecem resistência à inovação, de acordo com Martins (2004)

Os insumos da construção podem assim ser divididos (MIDC, 2005):

- Materiais básicos: são os produtos que não possuem serviços agrupados ao seu fornecimento, mas geram operações de conformação; são exemplos: agregados, tijolos e madeira;
- Componentes: são produtos que podem possuir algum tipo de serviço acoplado ao seu fornecimento e que geram, na sua produção, operações de associação ou montagem; são eles: esquadrias, componentes de instalações elétricas e hidráulicas;
- Elementos e subsistemas: estes insumos são caracterizados por gerarem operações de montagem e por possuírem alto grau de serviços incorporados; são exemplos: os banheiros prontos e as fachadas pré-moldadas.

2.9. CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

A indústria da construção civil brasileira é considerada tradicional e conservadora, o que se deve, em grande parte, ao fato de terem os grandes investimentos realizados neste setor no final da década de 70 sido financiados pelo Estado, que não deu a devida atenção ao aspecto da qualidade, fazendo com que as empresas não fossem em busca de inovações para melhorar seus produtos.

Outro agravante é que a mão-de-obra empregada neste setor é, em geral, mais despreparada e desqualificada que em outros setores da indústria, sendo em sua grande parte semianalfabeta, o que dificulta a implementação de novas tecnologias, fazendo com que a indústria da construção civil, em termos de eficiência, produtividade e qualidade, se situe aquém de outras indústrias (NASCIMENTO e SANTOS, 2003).

De acordo com Kureski *et al.*(2008), a Construção Civil brasileira é caracterizada pelos seguintes fatores:

- Utilizar intensivamente mão-de-obra de baixa qualificação;
- Uma demanda dependente da evolução da renda interna e das condições de crédito;

- Grande utilização de matérias-primas nacionais, com pouca importação;
- Produtividade muito aquém da alcançada em países desenvolvidos, principalmente sob os aspectos tecnológicos e de gestão;
- Problemas quanto à padronização e ao atendimento às normas técnicas, razão pela qual os percentuais de não-conformidade técnica dos materiais e componentes da construção civil são elevados.

A falta de uma entidade “homologadora/reguladora” na construção civil brasileira faz com que os agentes financeiros, como por exemplo, a Caixa Econômica Federal, não aceitem, para fins de concessão de créditos, a utilização de novas tecnologias, ou quando o fazem, que passem a liberar o crédito para edificações que utilizem sistemas inovadores, após longos períodos de estudo e pesquisa (MARTINS, 2004).

A indústria da construção civil é predominante desenvolvida nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, e composta, na sua grande maioria, por pequenas e microempresas. A maior parte da produção realizada pela construção civil está relacionada a obras públicas (KURESKI *et al.*, 2008). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/PAIC - 2005), dentre as 105.469 empresas brasileiras do ramo de construção civil, cerca de 93% são micro e pequenas empresas com até 29 trabalhadores (MELLO e AMORIM, 2009).

A construção civil brasileira atual é caracterizada por improvisação, adaptações, atrasos, descoordenação e desperdícios, alta rotatividade de mão-de-obra nas subempreitadas, baixa qualificação e pouca especialização da força de trabalho, compensados pela baixa remuneração e pelo uso intensivo do trabalho. Acrescente-se a este quadro a frágil organização sindical e o baixo nível de reivindicação dos operários do setor (BAPTISTA, 2009).

Os profissionais envolvidos na cadeia produtiva da indústria da construção civil possuem interesses, habilidades e níveis de conhecimentos bastante diversos, o que acarreta problemas na comunicação, e no desenvolvimento e qualidade dos produtos na construção civil (OLIVEIRA, 2008).

A construção civil brasileira também é conhecida como um setor que apresenta um grande número de acidentes de trabalho, em consequência de características como as citadas anteriormente. Os acidentes de trabalho prejudicam economicamente o país, pois oneram os gastos com saúde e previdência, além de diminuir a capacidade

produtiva, já que o operário tem de permanecer afastado do trabalho (PEREIRA *et al.*, 2008).

Em 2003, segundo o IBGE, o setor da construção civil empregava 6,5% da população de pessoas ocupadas (Tabela 1), o que representava aproximadamente 5,2 milhões de pessoas. Desse percentual, 45,5% trabalhavam de forma autônoma, 7,4% estavam divididos em não-remunerados, empregadores e autoconstrução, e outros 47,1% eram empregados, sendo que mais da metade destes não possuíam carteira assinada.

Tabela 1 – Distribuição dos ocupados por setor e ramo de atividade econômica Brasil – 2003

SETOR E RAMO DE ATIVIDADE	Brasil (em %)
Agrícola	20,7
Indústria	14,4
Construção	6,5
Comércio e reparação	17,7
Alojamento e alimentação	3,6
Transporte, armazenagem e comunicação	4,6
Administração pública	5,0
Educação, saúde e serviços sociais	8,9
Serviços domésticos	7,7
Outros serviços coletivos, sociais e pessoais	3,7
Outras atividades	6,9
Atividades maldefinidas ou não-declaradas	0,3
Total	100,0
Total de Ocupados (valores absolutos)	80.163.481

Fonte: Adaptado DIEESE (2006).

Dentre essas pessoas ocupadas na construção civil brasileira, apenas 28% contribuíam com a previdência social. Esse grande contingente de trabalhadores que não contribui fica à margem dos benefícios por ele proporcionados, tais como aposentadoria e auxílio-doença (DIEESE, 2006).

Outro indicador da pesquisa do IBGE mostra que mais de 90% dos trabalhadores da construção civil são do sexo masculino, e que a escolaridade dos trabalhadores desse setor tem melhorado, com a redução do número de analfabetos e o aumento do grau de escolaridade. Outro dado importante é que mais de 60% desses trabalhadores não permanecem na mesma empresa mais que 1 ano, situando-se o limite de permanência num mesmo emprego para este setor entre 2 e 5 anos. Tal

fato comprova a alta rotatividade de pessoal, característica desse setor (DIEESE, 2006).

Além de todas essas características, os trabalhadores desse setor ainda são obrigados a cumprir longas jornadas de trabalho, 44 horas semanais, valendo frisar que funcionários atuantes em escritórios têm de atender a uma jornada de 40 horas. No entanto, essa longa jornada não garante aos trabalhadores um rendimento digno, vez que este setor abriga as menores remunerações, pois 47,6% dessa população ocupada recebe até dois salários mínimos (DIEESE, 2006).

Outra característica da construção civil brasileira é o desperdício, ora definido como sendo a utilização de todo e qualquer material além do necessário. Uma pesquisa desenvolvida por diversas universidades do país revelou que o índice médio de desperdício de materiais nas obras brasileiras está entre 7% e 8%, dados esses, aliás, maqueados, pois não levam em consideração o desperdício relativo à mão-de-obra. Alguns materiais, como é o caso da argamassa, apresentaram perdas de até 50%, índice bastante elevado. Já as perdas financeiras em uma obra podem chegar a 30% (AGOPYAN, 2001).

CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA	
1. Tradicional e conservadora	2. Dependência da renda interna e do crédito
3. Uso de mão-de-obra pouco qualificada	4. Uso de matérias-primas nacionais
5. Uso intensivo de mão-de-obra	6. Baixa produtividade
7. Baixa remuneração dos operários	8. Problemas de padronização e normatização
9. Alta rotatividade da mão-de-obra	10. Falta de entidade reguladora
11. Frágil organização sindical	12. Composta de pequenas e microempresas
13. Baixo nível de reivindicação	14. Grande produção de obras públicas
15. Grande número de acidentes de trabalho	16. Improvisações, adaptações e atrasos
17. Operários cumprem longa jornada de trabalho	18. Descoordenação
19. Profissionais com interesses, habilidades e conhecimentos diversos	20. Desperdício

Quadro 4 – Resumo das características da indústria da construção civil brasileira

2.10. RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Santos (2009), racionalização significa otimização no uso de recursos, quer sejam estes materiais, humanos, energéticos, financeiros ou tecnológicos, com vistas a alcançar a capacidade máxima de produção sob as condições existentes, ou seja, sem implementar inovações.

A industrialização é uma fase que só vem a ser alcançada após o encerramento das fases de racionalização e de mecanização da produção (Figura 26) (SANTOS, 2009).

INDUSTRIALIZAÇÃO = RACIONALIZAÇÃO + MECANIZAÇÃO

Figura 26 – Industrialização

De acordo com Santos (2009), para que se possa chegar à industrialização na construção civil, é preciso reduzir o número de operações na construção, simplificar o projeto dos elementos, padronizar os componentes da construção e coordenar dimensionalmente os materiais.

A industrialização é um processo natural de evolução das empresas, já que elas sempre buscam maior eficiência com menor custo. Os entraves na cadeia produtiva impedem que a construção alcance uma maior industrialização. O setor é caracterizado por sua dispersão, desorganização e por ser composto por outras indústrias como a química, metalúrgica e plástica (SANTOS, 2009).

Para melhor definir os termos utilizados na construção civil, reproduzimos, abaixo, os conceitos trazidos por Santos (2009):

- Técnica construtiva: conjunto de operações utilizadas por um ofício para produzir parte da construção, como, por exemplo, elevar uma parede;
- Método construtivo: conjunto de técnicas construtivas interdependentes e organizadas de forma a criar um subsistema ou elemento da construção. Exemplo: fôrmas para a estrutura, cura etc.;
- Processo construtivo: é um modo de construir um edifício, e caracteriza-se

pelo conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício. Exemplo: alvenaria estrutural, paredes maciças de concreto;

- Sistema construtivo: processo construtivo com alto índice de industrialização e organização, constituído por componentes inter-relacionados e integrados pelo processo. Exemplo: banheiros prontos.

Os processos construtivos podem ser classificados de acordo com o seu grau de industrialização. Este grau pode ser medido pela relação percentual entre o volume da obra-pré-fabricada e o volume total, ou quantidade de mão-de-obra empregada na fábrica (ou em canteiro) e a mão-de-obra total (SANTOS, 2009).

De acordo com Santos (2009), os métodos construtivos podem ser classificados segundo seu grau de industrialização em três tipos: tradicionais, racionalizados ou industrializados. O método construtivo tradicional é baseado na produção artesanal, com uso intensivo de mão-de-obra, pouca mecanização, grande desperdício de materiais, tempo e mão-de-obra, e descontinuidade e fragmentação da obra.

O método construtivo racionalizado incorpora técnicas organizacionais da indústria manufatureira, mas sem mudanças radicais. São princípios de planejamento e controle para eliminar os desperdícios e aumentar a produtividade, planejar os fluxos de produção, e programar e centralizar decisões. O método industrializado é caracterizado pelo uso intensivo de elementos produzidos em instalações fixas, com uso de técnicas industriais de produção, transporte e montagem.

A construção civil não se modernizou no mesmo ritmo que os demais setores produtivos. As mudanças são pouco expressivas e a evolução das tecnologias dos processos construtivos e de gestão da organização da indústria da construção civil é bastante lenta ao longo do tempo (FRANCKLIN JÚNIOR e AMARAL, 2008).

A absorção de novas tecnologias pela indústria da construção civil é muito lenta, pois existe uma grande resistência por parte do setor produtivo em realizar investimentos em novas técnicas (OLIVEIRA, 2008).

Apesar do setor da construção civil ser considerado um setor tecnologicamente atrasado, as empresas brasileiras estão introduzindo em seus canteiros uma quantidade cada vez maior de inovações tecnológicas, que inovações estão aumentando sua produtividade, racionalizando processos construtivos, reduzindo o

consumo de materiais, agilizando o serviço por meio de um melhor aproveitamento dos mesmos, e, ainda, promovendo a dignificação dos operários, com a implantação de condições seguras na realização das atividades (FRANCKLIN JÚNIOR e AMARAL, 2008).

CAPÍTULO 3

ESTADO DA ARTE DA PRÉ-FABRICAÇÃO

3. ESTADO DA ARTE DA PRÉ-FABRICAÇÃO

A utilização de peças de concreto pré-fabricadas permitiu um enorme salto de qualidade nos canteiros de obras do Brasil e do mundo, pois a construção pré-fabricada representa racionalização e aperfeiçoamento técnico das obras, visto que incorpora conceitos da linha de montagem das indústrias de bens de consumo, com grande controle ao longo da produção, com materiais de qualidade, fornecedores selecionados e mão-de-obra capacitada, o que gera obras mais organizadas e seguras, e edifícios com melhor qualidade construtiva.

A grande quantidade de obras construídas em concreto pré-fabricado na Europa e Estados Unidos atesta a sua viabilidade técnica, econômica e estética. (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005)

3.1. A PRÉ-FABRICAÇÃO: CONCEITOS

A ABNT NBR 9062:2006 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado contempla a distinção entre peças pré-fabricadas de pré-moldadas. Segundo esta norma, elemento pré-fabricado é aquele executado industrialmente, ainda que em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade. A sua produção deve contar com pessoal qualificado, organização de laboratório e todas as instalações permanentes necessárias ao controle de qualidade.

Na fabricação dos elementos pré-fabricados, os encarregados da produção e do controle de qualidade devem seguir manuais técnicos preparados pela empresa, que apresentem, no mínimo, as especificações e procedimentos relacionados a formas, armadura, concreto, manuseio e armazenamento, e tolerâncias.

As etapas devem ser registradas por escrito, em documento adequado, onde constem claramente indicados a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados e as assinaturas dos inspetores responsáveis pela

liberação de cada etapa de produção devidamente controlada. Os elementos são identificados individualmente ou por lotes de produção.

Elemento pré-moldado é aquele executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com menor rigor nos padrões de controle de qualidade. As peças podem ser inspecionadas individualmente ou por lotes, por inspetores, pelo proprietário ou por empresas especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações próprias necessárias ao controle de qualidade.

DIFERENÇAS ENTRE PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS	
Executados industrialmente	Executados fora do local de utilização definitiva
Controle de qualidade sob condições rigorosas	Controle de qualidade sob condições menos rigorosas
Obrigatoriedade de existência de laboratórios e demais instalações necessárias ao controle da qualidade	Existência de laboratório e outras instalações na fábrica são dispensáveis
Uso de manuais técnicos para produção dos elementos	-
Todas as etapas da produção devem ser registradas	-

Quadro 5 – Diferença entre elementos pré-fabricados e pré-moldados de acordo com a ABNT NBR 9062:2006

Para El Debs (2000), pré-moldado é qualquer elemento executado fora de sua posição definitiva de utilização na construção, e pré-fabricação é o que leva à industrialização e racionalização da construção.

Diante da diferença sutil entre as definições de pré-moldado e pré-fabricado, o presente trabalho adotará o termo pré-fabricado para abranger todos os componentes citados acima.

Os pré-fabricados podem ser divididos em leves ou pesados. Os pré-fabricados leves são os componentes que podem ser manuseados sem o auxílio de equipamento mecânico, tais como placas de vedação e blocos de alvenaria. Já os componentes pesados são aqueles que necessitam de algum equipamento mecânico para o seu manuseio e transporte, como, por exemplo, as estruturas e estacas (SINPROCIM, 2003).

De acordo com Serra *et al.* (2005), os sistemas pré-fabricados podem ser divididos em três tipos de ciclos: fechado, aberto e flexibilizado. O ciclo fechado surgiu por volta de 1950, no Pós-Segunda Guerra. É caracterizado por ser concebido a partir de um projeto único, não permitindo variações nas dimensões e nas disposições das peças, o que gerou edificações monótonas e desprovidas de qualquer flexibilidade. A produção de grande quantidade de unidades idênticas causava uma economia de escala, reduzindo custos das construções, o que constituía um aspecto importante para esta fase (SANTOS e PEREIRA, 2006; BEZERRA, 2010).

O ciclo aberto surgiu na Europa, com o objetivo de permitir a associação de produtos de diversos fabricantes, por meio da modulação e padronização dos componentes, que permitiriam a compatibilidade entre os elementos e os subsistemas (SERRA *et al.*, 2005). Os componentes da construção, tais como paredes, lajes e coberturas, podem ser combinados de formas diversas, com variações na quantidade, nas dimensões ou no posicionamento, formando diferentes soluções arquitetônicas. Um dos requisitos para a viabilização do conceito de sistema de ciclo aberto em projeto é a coordenação modular, ou seja, um sistema de dimensões comuns (SANTOS e PEREIRA, 2006; BEZERRA, 2010).

O ciclo flexibilizado começou a ser desenvolvido na Europa, a partir da década de 1990, possuindo alto grau de especificação e características tanto do ciclo aberto quanto do fechado. No entanto, para o uso deste tipo de ciclo, ainda será necessário promover uma mudança na forma de concepção de projetos para sistemas pré-fabricados (SERRA *et al.*, 2005; BEZERRA, 2010).

Um exemplo de sistema flexibilizado, segundo Serra *et al.* (2005), é o *tilt-up*, sistema caracterizado pela execução de paredes moldadas no canteiro sobre um piso de concreto. As paredes moldadas na horizontal permitem a colocação de aberturas e revestimentos de fachada, e, após alcançarem a resistência necessária, são içadas por guindastes para suas posições definitivas (Figura 27).

Em 1993, a empresa brasileira Walter Torre Jr. importou a tecnologia do *tilt-up* e começou a utilizá-la para reduzir custos e prazos da obra e proporcionar maior flexibilidade, com a possibilidade de ampliações, baixa manutenção e implantação em locais distantes e sem infraestrutura (PIGOZZO *et al.*, 2006).



Figura 27 – Construção executada com o uso do sistema *tilt up*
Fonte: www.genconpacific.com/Tilt%20Ups.htm

3.2. ASPECTOS POSITIVOS

A indústria de pré-fabricados possibilita muitas vantagens à construção civil, tais como economia, eficiência, desempenho técnico, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade. Os pré-fabricados em concreto proporcionam também uma redução na entrega das obras, uma melhor qualidade no produto final, racionalização da obra, maior produtividade e segurança na obra.

A velocidade de execução acelerada, com a consequente redução no prazo de construção, pode se tornar uma vantagem, desde que haja disponibilidade de capital para investimento, ou necessidade de um rápido retorno desse capital. Outro fator que influencia na redução de prazos consiste na independência da produção em relação às condições climáticas, o que lhe permite seguir um planejamento com menos imprevistos.

A qualidade da construção pré-fabricada em concreto é assegurada por sua mão-de-obra especializada, sua matéria-prima selecionada, pelas instalações, equipamentos e processos operacionais na fábrica, e pelo controle de qualidade na execução. Tais fatores levam a um melhor acabamento e maior precisão geométrica, permitindo que estrutura apresente uma vida útil maior (durabilidade), e exija menos medidas de manutenção (ABCIC, 1986; CPCI, 2007; FEBE, 2009).

Em geral, esse sistema construtivo possui melhor desempenho estrutural e durabilidade que as construções moldadas no local, porque otimiza e potencializa o uso dos materiais. Tal se deve ao emprego de procedimentos de fabricação cuidadosamente elaborados e ao uso de equipamentos modernos, tais como equipamentos controlados por computador para o preparo. O lançamento, o adensamento e a cura são executados em locais fechados e sob condições controladas, fazendo com que a relação água/cimento seja reduzida ao mínimo possível (FEBE, 2009; CPCI, 2007).

Os elementos pré-fabricados são produzidos com o auxílio de máquinas e equipamentos industriais, e, após a moldagem, são submetidos a processos de cura, com temperatura e umidade controladas de acordo com especificações preestabelecidas (PIGOZZO *et al.*, 2006).

Aditivos e adições são utilizados para alcançar os desempenhos mecânicos específicos para cada tipo de concreto. O uso de aditivos no concreto, como é o caso do concreto autoadensável, permite reduções na quantidade de água na mistura, mantendo a trabalhabilidade; tal fenômeno também é possibilitado pelo tipo de cura utilizada, em geral, a vapor.

Num componente pré-fabricado, podem ser utilizados diversos tipos de concreto e técnicas de produção. O concreto protendido possibilita grandes vãos e redução da altura de vigas e lajes, o que permite espaços mais flexíveis e gera maior vida útil da edificação, devido à maior adaptabilidade para novos usos (Figura 28).



Figura 28 - Espaços grandes e abertos que possibilitam flexibilidade nas divisões e nos usos
Fonte: FEBE (2009)

Por outro lado, o concreto autoadensável traz benefícios ao processo de produção, vez que não necessita de vibração, permitindo uma redução no nível de ruídos, assim como maior rapidez durante o processo de moldagem dos elementos, menor pressão nas formas, facilidade na moldagem de seções esbeltas e complicadas, geração de menos bolhas de ar na superfície da peça, e maior facilidade para bombear (ABCIC, 1986).

A norma de estruturas em concreto permite o uso de um coeficiente de segurança menor para estruturas pré-fabricadas, o que resulta em um menor f_{ck} (resistência característica do concreto), e assim, menor consumo de cimento. A dosagem dos componentes é também mais precisa, pois é feita em balanças eletrônicas ou, até mesmo, de forma automática.

O sistema construtivo pré-fabricado possibilita mais facilidade de organização e limpeza do canteiro, vez que as peças chegam prontas ao local da construção, sendo somente montadas, reduzindo, assim, o número de atividades realizadas no canteiro (Figura 29). Além disso, facilita o controle e o desperdício de materiais, permite maior controle do custo da obra e gera um ambiente de trabalho mais saudável e ergonômico para os funcionários, reduzindo, dessa forma, os riscos de acidentes.



Figura 29 – Construção de edificação em concreto pré-fabricado, onde se observa a organização do canteiro de obras.

Fonte: FEBE (2009)

A construção pré-fabricada facilita a implementação de sistemas automatizados, pois proporciona a repetição de tarefas, e assim, possibilita processos de produção mais eficientes e racionais, com maior controle de qualidade e uso de mão-de-obra especializada. Sistemas construtivos industrializados têm índices de desperdício de materiais próximos do zero, vez que são produzidos em ambientes onde o controle é mais rigoroso, vindo, apenas, a ser submetido ao processo de montagem no canteiro.

O concreto pré-fabricado permite que uma construção possa ser reaproveitada, evitando, assim, a demolição, que causa barulho, poeira e outros inconvenientes (CPCI, 2007; ABCIC, 1986).

Além de reduzir ou eliminar por completo a utilização de cimbramentos (escoras), as fôrmas usadas para produzir as peças pré-fabricadas, em geral em aço, podem ser reutilizadas inúmeras vezes.

A seguir, é apresentado um quadro com o resumo dos aspectos positivos da utilização de um sistema pré-fabricado em concreto.

ASPECTOS POSITIVOS
1. Velocidade de execução acelerada
2. Menor prazo de execução
3. Produção independente das condições climáticas
4. Uso de mão-de-obra especializada e matéria-prima selecionada
5. Controle de qualidade na execução
6. Maior qualidade, melhor acabamento e maior precisão geométrica
7. Maior durabilidade
8. Menor manutenção
9. Menor consumo de materiais
10. Permite reaproveitamento de edificação, sem demolição
11. Organização e limpeza do canteiro
12. Menor risco de acidentes
13. Maior controle do custo da obra

Quadro 6 – Resumo dos aspectos positivos da construção pré-fabricada em concreto

A pré-fabricação em concreto demonstra um grande potencial de vir a tornar-se um sistema construtivo mais sustentável ambientalmente que as construções moldadas

no local, o que a coloca em uma posição ainda mais vantajosa. Aliás, talvez seja esse, nos dias atuais, o maior de seus diferenciais, já que os recursos naturais encontram-se cada vez mais escassos.

3.3. EVOLUÇÃO DOS PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO

A pré-moldagem de elementos em concreto é tão antiga quanto o próprio surgimento do concreto armado, pois os primeiros elementos de concreto armado foram moldados fora de seu local de utilização, caracterizando, portanto, a pré-moldagem (SERRA *et al.*, 2005).

Mas foi somente após a Segunda Guerra Mundial, em meados do século XX (1950 – 1970), que a utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto foi impulsionada, devido à necessidade de construir com rapidez, de modo a suprir a escassez de habitações e infraestrutura (escolas, hospitais e indústrias) na Europa.

Esse período é caracterizado pela utilização de componentes em concreto de grandes dimensões e muito pesados, e, por muitas vezes provenientes de um mesmo fornecedor; a esta tecnologia de produção convencionou-se atribuir a designação de ciclo fechado de produção. Devido a essas características, em pouco tempo, o sistema foi abandonado, por resultar em edificações de arquitetura pobre, uniforme e monótona, sem flexibilidade (Figura 30), estigma este que acompanhou as construções pré-fabricadas por muitos anos (PIGOZZO *et al.*, 2006).

Muitas das construções feitas neste período, por não terem sido submetidas a qualquer avaliação prévia, apresentaram diversas patologias. No período entre 1970 e 1980, ocorreram alguns acidentes com edifícios construídos com sistema pré-fabricado em concreto com elementos de grandes dimensões, o que ocasionou ainda mais rejeição social a este sistema, e levou a uma revisão da utilização destes elementos de grande dimensão, fazendo com que o sistema de ciclo fechado caísse em desuso. O período iniciado após 1980 foi marcado pela demolição de grandes conjuntos residenciais construídos com este sistema, e pela consolidação da pré-

fabricação de ciclo aberto, caracterizada por componentes compatíveis e de origens diversas (SERRA *et al.*, 2005; BEZERRA, 2010).

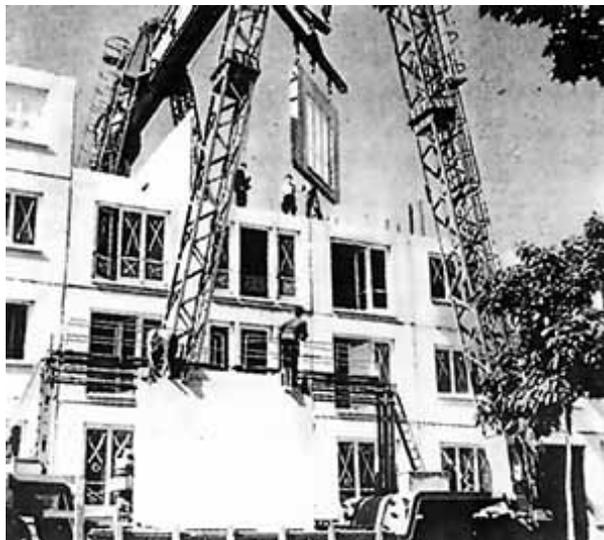


Figura 30 – Montagem de grandes painéis pré-fabricados. Início dos anos 60.
Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos>

Na Europa e nos Estados Unidos o emprego de pré-fabricados avança, mas sem a grande expectativa do pós-guerra. Nota-se a tendência na redução do desenvolvimento e emprego de sistemas construtivos de ciclo fechado, e o desenvolvimento de componentes, o que privilegia a industrialização de ciclo aberto. Atualmente, na Europa, os países que mais utilizam o concreto pré-fabricado são a Finlândia, Dinamarca e Holanda (EL DEBS, 2000). Segundo Figuerola (2008), a Holanda e Bélgica são uma exceção, no que tange a construção de edifícios altos em concreto pré-fabricado, pois, nesses países, encontram-se prédios de até 40 andares construídos de acordo com esse sistema, e estabilizados por núcleos estruturais (Figura 31).

De acordo com Tokudome (2005), na Inglaterra, os pré-fabricados em concreto absorvem 82,5% da construção de edifícios comerciais de até 3 pavimentos; já para construções maiores, o aço detém 70% das construções. Para o mercado do Canadá, os pré-fabricados absorvem 49% do segmento industrial e comercial, 26% do residencial, 20% das obras de engenharia e 5% das institucionais. Nos Estados Unidos o uso de pré-fabricados é mais difundido em produtos para painéis de fachada, com cerca de 27,5% do mercado em edifícios de até 10 pavimentos. No

tocante ao uso de estruturas pré-fabricadas em concreto, essa participação se situa entre 3,5% e 5%, pois a construção metálica é bastante utilizada no país.



Figura 31 – Edifício localizado em Roterdã, na Holanda, construído de acordo com sistemas construtivos pré-fabricados. Em 2004, época em que foi construído, era considerada a construção mais alta da Holanda nesse sistema.

Fonte: FIGUEROLA (2008)

3.4. PRÉ-FABRICAÇÃO EM CONCRETO NO BRASIL

O uso de pré-fabricados no Brasil inicia-se em 1925 com a utilização de elementos pré-fabricados no hipódromo da Gávea (Jockey Clube do Rio de Janeiro), sendo usadas estacas e cercas pré-fabricadas. Foram utilizadas 218 estacas pré-fabricadas de concreto armado na região da Tribuna dos Sócios para superar as dificuldades apresentadas pelo terreno ruim, totalizando 8 km de comprimento em estacas. Essas estacas foram produzidas no próprio canteiro, utilizando cimento Portland dinamarquês de endurecimento rápido (VASCONCELOS, 1992).

No ano de 1946, é construída a Ponte do Galeão, com vigas pré-fabricadas de seção I, com 370 m de comprimento e 7.600 m² de área de tabuleiro (Figura 32). Em

1953, esta ponte foi considerada por uma revista francesa como sendo a maior ponte em concreto protendido do mundo em área de tabuleiro (VASCONCELOS, 1992).

No entanto, a pré-fabricação em concreto somente inicia seu avanço no final da década de 1950, com o aumento da preocupação com a racionalização e a industrialização de sistemas construtivos. Nesta época, surgem as primeiras empresas de pré-fabricados em concreto em São Paulo.

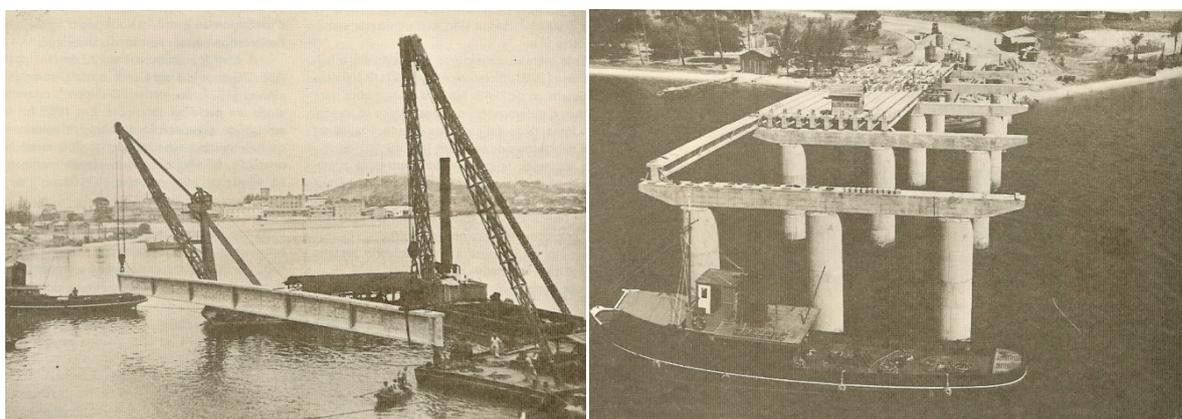


Figura 32 – Ponte do Galeão: viga protendida pré-fabricada sendo transportada, e tabuleiro da ponte sendo montado com as vigas
Fonte: VASCONCELOS (1992)

Em 1962, a construtora encarregada da obra da Universidade de Brasília optou pelo uso do concreto pré-fabricado em alguns dos prédios, para atender aos prazos estipulados para a construção da universidade (VASCONCELOS, 1992).

No início da década de 1960, foram construídos galpões com o sistema pré-fabricado em concreto, até que, em 1964, surge a primeira tentativa de obra de múltiplos pavimentos, um conjunto residencial de doze edifícios com doze pavimentos, o Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo. As peças utilizadas nesta obra foram fabricadas no próprio canteiro, que dispunha de bastante espaço para produção e armazenagem. Apesar da empresa responsável pela fabricação ter executado um trabalho de qualidade, ela enfrentou dificuldades devido à falta de treinamento dos operários, que jamais haviam trabalhado com este tipo de sistema construtivo (SERRA *et al.*, 2005).

Em 1967, é construído o Hospital de Taguatinga, no Distrito Federal, e, em 1972, o Centro Administrativo da Bahia, ambos utilizando concreto pré-fabricado. Já em 1974, tem-se o prédio de escritório da Camargo-Corrêa em Brasília, edifício de múltiplos pavimentos com estrutura pré-fabricada e painéis de vedação e acabamento de fachada também pré-fabricados, assim como o uso de laje alveolar (Figura 33).



Figura 33 - Edifício de escritório da Camargo Corrêa, em Brasília
Fonte: VASCONCELOS (1992)

A partir da segunda metade da década de 70, o Banco Nacional de Habitação (BNH) passa a estimular o uso de novas tecnologias com elementos pré-fabricados de concreto, por meio do incentivo a pesquisas e desenvolvimento de sistemas construtivos.

No Brasil, segundo Vasconcelos (1992), já havia, em 1977, numerosas fábricas que produziam componentes e estruturas em concreto pré-fabricado. Daí surgiu a necessidade de criação de uma norma para estabelecer critérios para o uso desses produtos. Esta norma começou a ser redigida em 1977 e foi aprovada em 1981, constituindo a norma em vigor até hoje para o concreto pré-fabricado.

Entre 1978 e 1981, foram construídos conjuntos habitacionais na Bahia e em São Paulo; entretanto, esses edifícios apresentaram diversas patologias, que tornaram inviável a sua manutenção, ensejando, assim, a necessidade de sua demolição. Relatórios posteriores constataram que essas patologias foram acarretadas pela

utilização de material inadequado na fabricação dos painéis, pela execução deficiente das peças estruturais e pela corrosão das armaduras (SERRA *et al.*, 2005; BEZERRA, 2010).

Em decorrência desses resultados insatisfatórios, o sistema pré-fabricado em concreto praticamente deixou de ser utilizado na década de 80. Somente a partir dos anos 90 é que a pré-fabricação em concreto retoma seu desenvolvimento, com o crescimento da cidade de São Paulo, onde passam a ser utilizados os painéis de fachadas (ou painéis arquitetônicos - Figura 34), devido à necessidade de velocidade na execução da obra e qualidade estética do edifício (PIGOZZO *et al.*, 2006; BEZERRA, 2010).

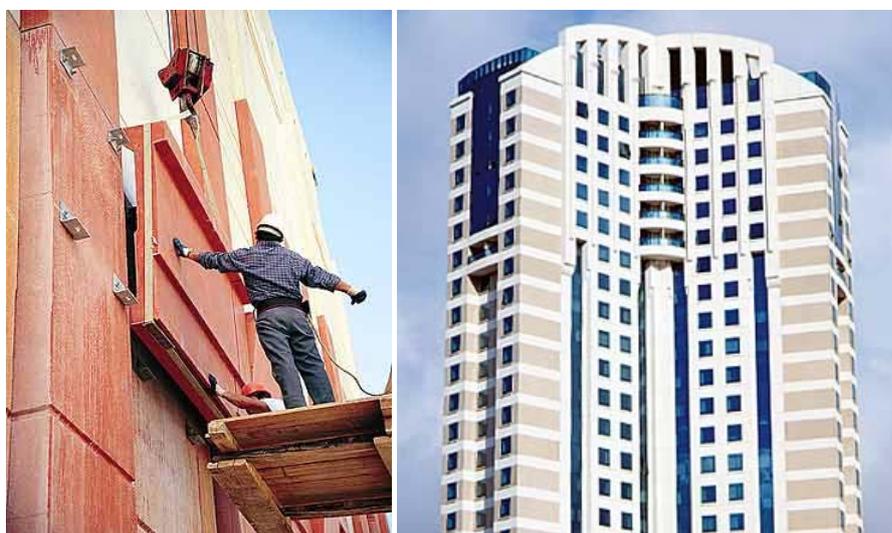


Figura 34 – Painel de fachada sendo montado, e fachada de edifício em São Paulo com este tipo de painel
Fonte: Revista Projeto Design

Atualmente, as maiores empresas fabricantes de pré-fabricados de concreto do Brasil localizam-se nas regiões Sul e Sudeste, tais como Munte, Precon, Cassol e Leonardi (CANASSA *et al.*, 2007). Encontram-se exemplares de edifícios nacionais com até 10 pavimentos com estrutura totalmente construída em concreto pré-fabricado; para edifícios com mais pavimentos, utiliza-se uma estrutura híbrida, que mescla sistemas moldados in loco com sistemas pré-fabricados (Figura 35) (FIGUEROLA, 2008).



Figura 35 – Edifício localizado em Fortaleza, composto por um shopping, duas torres residenciais de 24 pavimentos e duas torres comerciais de 20 pavimentos. Varandas, grande parte das vigas e lajes são pré-fabricadas, já os pilares e as caixas de elevador foram moldados "in loco".

Fonte: FIGUEROLA (2008)

No Espírito Santo, a aplicação de estruturas pré-fabricadas em concreto é verificada principalmente em obras industriais (galpões), e em um número bem menor de obras institucionais e comerciais. Como exemplos de edifícios institucionais, pode-se aludir prédios de faculdade privada e templo religioso, e, de edifícios comerciais, a alguns supermercados e hipermercados. Por essa razão, o número de empresas fabricantes de estruturas pré-fabricadas em concreto é mais significativa no segmento de galpões (Figura 36), e ainda muito incipiente nos outros segmentos para edificações.



Figura 36 – Estrutura de galpão em concreto pré-fabricado, utilizada para a concepção de uma loja, em Vila Velha, ES.

Fonte: Arquivo pessoal

Em obras de pequeno porte, tais como residências unifamiliares e pequenos edifícios comerciais, é bastante comum o uso de lajes com vigotas pré-fabricadas (vigas treliçadas); no entanto, este tipo de componente não traz para a obra a totalidade das vantagens que caracterizam a construção pré-fabricada, tais como controle de qualidade do produto final e menor desperdício de materiais.

A laje treliçada é formada por vigas que possuem armaduras treliçadas com uma base em concreto, e os vãos entre essas vigas podem ser preenchidos por blocos cerâmicos ou blocos de polietileno expandido (EPS) (Figura 37), tornando a laje mais leve. Devido à ampla utilização desse tipo de laje, existem empresas que desenvolvem programas específicos para o dimensionamento dessas vigas treliçadas (CARVALHO *et al.*, 2005).

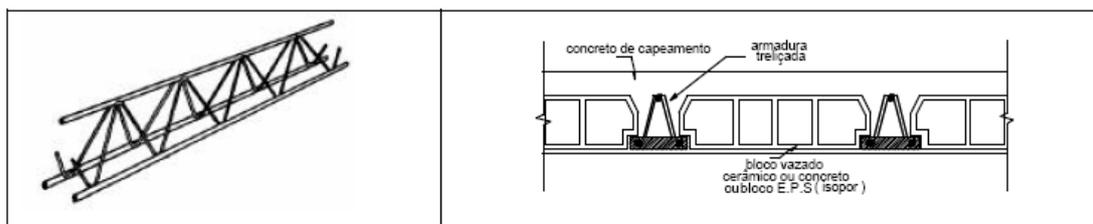


Figura 37 – Armadura da laje pré-fabricada treliçada e seção transversal com o preenchimento entre as vigas e capeamento
Fonte: CARVALHO *et al.*, 2005

3.5. PRODUÇÃO DOS ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

A ABNT NBR 9062:2006 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, norma brasileira que rege a fabricação de componentes pré-fabricados em concreto, lista algumas especificações que devem estar presentes nos documentos técnicos de produção, para possibilitar a boa execução de tais elementos. Dentre essas especificações, estão aquelas relacionadas às fôrmas, às armaduras, ao concreto, à protensão, ao manuseio e armazenamento dos elementos e às tolerâncias.

Nos itens seguintes são apresentadas as etapas que compõem a produção dos elementos pré-fabricados em concreto: projeto, fabricação, manuseio, armazenamento e transporte, montagem e controle de qualidade e inspeção.

3.5.1. Projeto

Em pesquisa realizada no Brasil por Alburqueque e El Debs (2005) para obter informações acerca de edifícios de múltiplos pavimentos pré-fabricados, constatou-se que, em média, 70% das obras construídas com um sistema pré-fabricado não foram projetadas para o uso desse sistema, mas sim adaptadas de um sistema tradicional.

Para que possam ser aproveitadas todas as vantagens do pré-fabricado, o ideal é que o projeto, desde o início, seja concebido com o devido respeito às suas demandas específicas. Segundo a ABCIC (1986); El Debs (2000), devem ser considerados os seguintes aspectos para a elaboração de um projeto em concreto pré-fabricado:

- Concepção do projeto, já visando o uso do concreto pré-fabricado;
- Respeito à filosofia do sistema: uso de sistema de contraventamento próprio; utilização de grandes vãos e garantia da integridade estrutural;
- Uso de soluções padronizadas, com a minimização dos tipos de elementos, que, por meio da repetição, permite custos mais baixos, melhor qualidade e execução mais rápida;
- Uso de detalhes simples, evitando-se soluções complicadas;
- Consideração das tolerâncias dimensionais, pois produtos em concreto pré-fabricado apresentam diferenças entre as dimensões projetadas e as executadas, e essas diferenças devem ser previstas no projeto. Apesar de serem relativamente pequenas, essas variações ocorrem na fábrica e no canteiro;
- Minimizar o número de ligações, devido às dificuldades por elas representadas nessa estrutura;
- Utilização de elementos de mesma faixa de peso, para um melhor aproveitamento dos equipamentos de montagem.

No projeto arquitetônico para edificações em concreto pré-fabricado, são recomendadas a padronização e a repetição, pois estas facilitam a modulação, permitindo a obtenção de vantagens que o sistema pré-fabricado pode proporcionar.

A padronização pode ser aplicada na modulação de projeto, na padronização de produtos entre fabricantes, padronização interna para detalhes construtivos e padronização de procedimentos para produção e montagem. A modulação não é um item obrigatório no processo de industrialização, mas certamente o facilita, e ainda, no caso da pré-fabricação, reduz custos.

Os principais produtos padronizados são os pilares, as vigas e as lajes de piso. Eles são produzidos em fôrmas pré-estabelecidas, podendo o projetista escolher o comprimento, as dimensões e a capacidade de carga, dentro de alguns limites. Os painéis de fachada têm sua espessura padronizada, a altura e largura livres, dentro de certos limites, sendo igualmente livre a posição para as aberturas (Figura 38) (ABCIC,1986).



Figura 38 – Painéis de fachada com dimensões e formatos diferentes.

Fonte: FEBE (2009)

Segundo Santos e Pereira (2006), a modulação na construção é um instrumento geométrico, físico e econômico para compatibilizar dimensionalmente os espaços e racionalizar o projeto. A modulação permite a repetição de técnicas e processos, a redução da variedade de tipos e dimensões de componentes, a compatibilidade dimensional e tecnológica entre componentes, a intercambialidade de componentes, a produção seriada de componentes e montagem tipificada, a autonomia de etapas de execução e de montagem de componentes, o detalhamento e especificação

técnica sistematizada, o controle eficiente de custos e de produção e o aumento da produtividade na fabricação e montagem.

Segundo Alburquerque e El Debs (2005), o projeto arquitetônico para um sistema pré-fabricado deve contemplar:

- a modulação, de forma a obter a repetição das peças, reduzindo assim custos de fabricação;
- a exploração da protensão através da capacidade das peças;
- o posicionamento dos pilares em projeto, vez que os pilares em concreto pré-fabricado são mais robustos e dificilmente poderão estar embutidos na alvenaria;
- uma distância maior entre os pisos, já que as lajes são geralmente apoiadas sobre as vigas;
- a ampliação da construção industrializada para outros elementos além da estrutura, tais como fachadas, divisórias e equipamentos de instalação, para que os ganhos com velocidade de execução sejam obtidos em todas as etapas;
- o formato ortogonal e a concentração de instalações e passagens tipo *shafts*.

Para o desenvolvimento do projeto estrutural para estruturas pré-fabricadas, coletam-se, de início, informações do fornecedor, para conhecer as possibilidades e restrições do fabricante. A interação projetista, fabricante e montador, é fundamental para o processo. Após a definição do sistema estrutural, são decididas as vinculações que serão utilizadas (continuidades e ligações posteriores).

A partir daí, o projeto se desenrola dentro da sequência de um projeto estrutural convencional, ressalvando-se que os elementos são verificados em várias etapas: transporte, montagem e estrutura pronta. Cabe ressaltar que o projeto, além do detalhamento, deve fornecer as diretrizes de montagem.

Ainda no projeto estrutural, recomenda-se a padronização das seções dos elementos, aspecto cobrado pelos fabricantes, pois não se pode pensar em consumo e sim, como em uma linha de montagem, de modo a favorecer a repetição (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005).

As empresas que produzem componentes pré-fabricados devem fornecer, por meio de catálogos (Figura 39), informações relativas ao projeto e à produção a todos os envolvidos no processo – arquitetos, engenheiros e demais projetistas e técnicos –, para que estes possam ter ciência das possibilidades e restrições quanto à produção, transporte e montagem, o que assegurará o aproveitamento das vantagens disponibilizadas pelo sistema. Ainda podem ser elaborados manuais com rotinas de projeto, para auxiliar os projetistas na elaboração dos projetos (ABCIC, 1986).

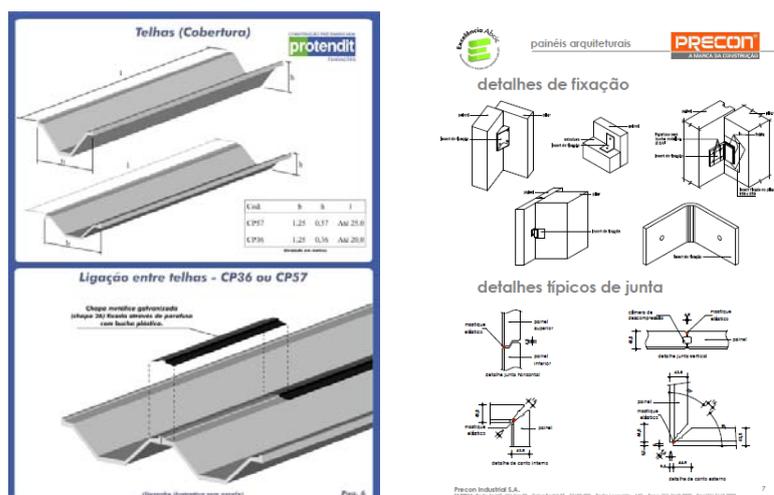


Figura 39 - Exemplos de catálogos de fabricantes de elementos em concreto pré-fabricado.
Fonte: Protendit e Precon

3.5.2. Fabricação

A ABNT NBR 9062:2006 estabelece parâmetros para a fabricação de componentes pré-fabricados em concreto. Ela preceitua, por exemplo, que a resistência mecânica do concreto nos elementos pré-fabricados não deve ser inferior a 18 MPa. Para os elementos que a norma define como pré-moldados, esta resistência não deve ser inferior a 15 MPa.

Para ser utilizado em pré-fabricados, um concreto deve apresentar uma resistência mínima para a retirada das peças das fôrmas num curto período de tempo. Para atender a essa necessidade de rápida desmoldagem das peças concretadas, a indústria de pré-fabricados utiliza o cimento CP V ARI (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial), juntamente com a aplicação da cura a vapor, o que permite uma

redução no prazo de desmoldagem e de uso dos leitos de protensão e equipamentos (Figura 40), e conseqüentemente, o aumento da produtividade e a diminuição das áreas de estocagem (BARDELLA *et al.*, 2007; MOREIRA *et al.*, 2007).



Figura 40 – Fabricação de elementos pré-fabricados em concreto
Fonte: FEBE (2009)

Durante ou imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser adensado por vibração, centrifugação ou prensagem, permitindo-se a adoção simultânea de mais de um destes métodos. O adensamento deve ser cuidadoso, para que o concreto preencha todos os recantos da forma.

O processo de cura do concreto na produção de elementos pré-fabricados pode ser normal ou acelerado. A cura normal ocorre quando não se utiliza qualquer tipo de processo para atingir o endurecimento do concreto antes de seu tempo natural. Por isso, o concreto deve ser protegido contra mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, assim como choques e vibrações que possam causar fissuração na massa do concreto, ou prejudicar a sua aderência à armadura (ABNT, 2006).

A cura acelerada pode ser alcançada por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado. Na cura a vapor sob pressão atmosférica, ou simplesmente cura a vapor, os elementos pré-fabricados devem ser aquecidos uniformemente e em ambiente vedado por material isolante, tal como lonas e lençóis plásticos, de modo a garantir a saturação do vapor e impedir a excessiva perda do calor e umidade, assim como a formação de correntes de ar frio do exterior. O

posicionamento das saídas dos pontos de alimentação de vapor deve ser projetado de modo a evitar a descarga direta, sobre a superfície do concreto, das formas ou sobre os corpos-de-prova (ABNT, 2006).

Este tipo de cura torna mais rápido o endurecimento do concreto, fazendo com que ele obtenha uma resistência mecânica mínima desejada, em um curto período de tempo. Para que isso ocorra, segundo Bardella *et al.* (2007), as temperaturas não podem ultrapassar 80°C, de modo a evitar modificações na microestrutura do concreto. Já a ABNT NBR 9062:2006 limita a temperatura para aplicação da cura térmica a vapor em elementos pré-fabricados a 70°C.

As aberturas nas lajes podem apresentar diversos formatos e tamanhos, devendo sempre obedecer às instruções do projeto estrutural quanto à posição e área máxima (Figura 41). Em geral, as aberturas são feitas durante o processo de fabricação da peça ou com extratora no local (MUNTE, 2004; ABCIC, 1986).



Figura 41 – Tubulação de descida de água em pilar
Fonte: FEBE (2009)

As instalações podem ser parcialmente integradas nos componentes pré-fabricados. Dutos, caixas ou aberturas para adaptação elétrica (Figura 42) podem ser moldados nos elementos de painéis, nas vigas e lajes, assim como tubos de água pluvial podem ser moldados dentro das colunas ou nos elementos de fachada (ABCIC, 1986).

O mais comum para as instalações é acomodá-las por baixo do pavimento, independentemente. Instalações acomodadas dentro da estrutura requerem uma maior coordenação das atividades e dificultam a manutenção, cabendo ainda frisar

que, algumas vezes, prejudicam a velocidade de montagem do sistema (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005).

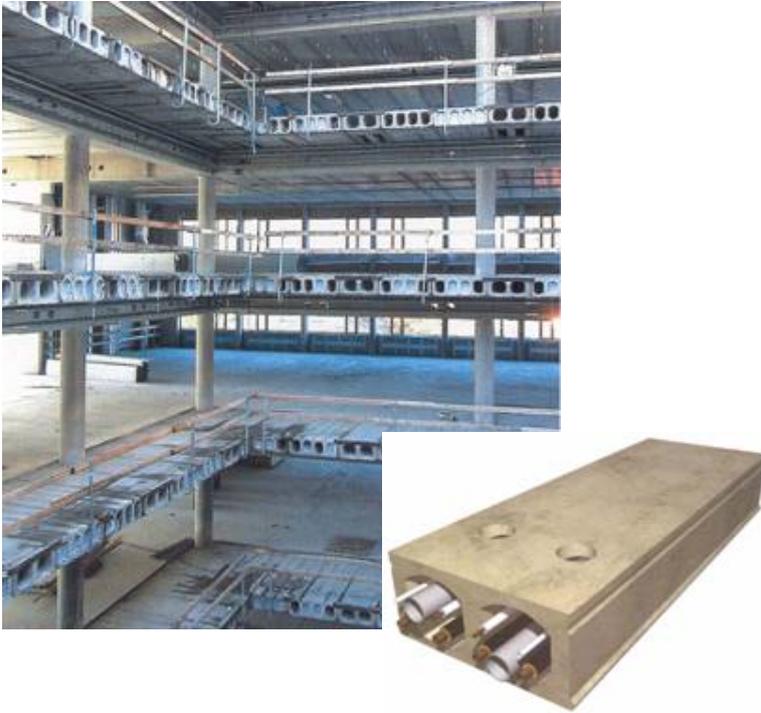


Figura 42 – Tubos e condutores elétricos nos alvéolos da laje
Fonte: FEBE (2009)

Sobre o capeamento, é comum a utilização de uma capa de concreto de 5 cm para formar a seção composta e garantir o efeito do diafragma, e, muitas vezes, para possibilitar as execuções das ligações rígidas (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005; MUNTE, 2004)

O projeto e a execução das fôrmas para peças em concreto pré-fabricado devem atender todas as condições para fácil desmoldagem, tais como a previsão de ângulos de saída, a livre remoção das laterais e cantos chanfrados ou arredondados, de modo a evitar que os elementos concretados sejam danificados (ABNT, 2006).

Quando as superfícies das fôrmas são tratadas com produtos antiaderentes, com a finalidade de facilitar a desmoldagem, esse tratamento deve ser feito antes da colocação da armadura, para evitar que os produtos empregados exerçam alguma ação química sobre o concreto fresco ou endurecido, ou deixem na superfície resíduos prejudiciais que possam dificultar a ligação do concreto lançado *in loco* ou aplicação de revestimento na peça, ou ainda, atinjam a armadura; neste caso, tais

produtos devem ser substituídos ou adequadamente limpos com solventes (ABNT, 2006).

As formas podem ser constituídas de aço, alumínio, concreto ou madeira, revestidos ou não de chapas metálicas, fibra, plástico ou outros materiais. Dependendo do tipo de material usado, elas poderão ser reaproveitadas por diversas vezes, razão pela qual devem ser limpas com atenção antes de cada utilização, sendo desprovidas de pintura ou outras substâncias protetoras que possam aderir à superfície dos elementos de concreto (CPCI, 2007; ABNT, 2006).

As tolerâncias de produção na fábrica compreendem variações dimensionais dos produtos, superfícies não-lineares ou não-planas, falta de ortogonalidade da seção transversal, variações na curvatura dos elementos protendidos e posição de insertos, por exemplo. Já as tolerâncias no canteiro incluem desvios de eixos e dos níveis no início da construção, e desvios de montagem durante o levantamento da estrutura com relação à posição e ao alinhamento entre os elementos (MUNTE, 2004; ABCIC, 1986; CPCI, 2007).

3.5.3. Manuseio, Armazenamento e Transporte

O manuseio se refere às movimentações ocorridas durante o processo de produção da peça, onde os elementos pré-fabricados são suspensos e movimentados por intermédio de máquinas e equipamentos apropriados, em pontos de suspensão colocados nas peças de concreto, conforme definição cuidadosa trazida no projeto. Esses movimentos devem ser feitos de modo a evitar choques e movimentos abruptos, o que poderia causar dano a peça. O dimensionamento das máquinas de suspensão, balancins, cabos de aço, ganchos e outros dispositivos deve levar em consideração as solicitações dinâmicas (ABNT, 2006; MUNTE, 2004).

O armazenamento dos elementos pré-fabricados é feito com os mesmos cuidados que o manuseio, embora nele sejam utilizados dispositivos de apoio, tais como cavaletes, caibros ou vigotas, assentados sobre terreno plano e firme, para formar pilhas, onde são intercalados esses dispositivos, para evitar o contato das

superfícies de concreto de dois elementos sobrepostos (Figura 43). A posição desses apoios é previamente determinada pelo projeto, e deve ser constituída ou revestida de material suficientemente macio para não danificar os elementos de concreto (EL DEBS, 2000; MUNTE, 2004; ABNT, 2006).



Figura 43 – Armazenamento de elementos pré-fabricados em concreto.
Fonte: FEBE (2009)

O posicionamento dos calços sobre os quais a peça pré-fabricada será colocada merece grande atenção, pois a não-observância dessa posição pode ocasionar fissuras e variações indesejáveis na contra-flecha de peças protendidas, podendo levar até à sua inutilização. Como o posicionamento para estocagem geralmente é diferente do arranjo de montagem, a posição correta dos calços deve ser indicada pelo projeto, e caso isso não ocorra, o ideal é que os calços sejam colocados sob as alças de manuseio que forem empregadas na desforma e transporte (SINPROCIM, 2003).

Os sistemas com grandes elementos proporcionam maior facilidade de fabricação, embora dificultem o transporte. Deve-se observar o tamanho máximo das peças em função dos equipamentos de transporte disponíveis (Figura 44) (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005).



Figura 44 – Caminhão transportando elemento de concreto pré-fabricado de grande dimensão.
Fonte: FEBE (2006)

O comprimento máximo padrão das peças pré-fabricadas é dado em função dos equipamentos de transporte, tanto no interior da fábrica, quanto no exterior desta. Em geral, é adotado o comprimento de 12 metros, que pode ser transportado por carretas simples. Para peças de até 20 metros, podem ser utilizadas carretas extensíveis (PIGOZZO *et al.*, 2006).

3.5.4. Montagem

A montagem dos elementos pré-fabricados em suas posições definitivas na obra é realizada por meio de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados, em pontos de suspensão devidamente definidos em projeto destinado a tal operação, e sempre evitando choques e movimentos abruptos (Figura 45). O escoramento provisório pode ser previsto para auxiliar no posicionamento das peças e garantir a estabilidade, até que a ligação definitiva seja efetuada (CPCI, 2007; ABNT, 2006).



Figura 45 – Montagem de peça pré-fabricada em concreto.
Fonte: FEBE (2009)

O uso de estruturas pré-fabricadas em concreto exige a elaboração de um projeto de canteiro, para que possam ser considerados a colocação de guias e seus raios de abrangência, devendo ser definido o processo de montagem para que os serviços sejam programados de modo a evitar o acúmulo de componentes no canteiro (TEMOCHE-ESQUIVEL *et al.*, 2006).

A elaboração do projeto de canteiro também é importante para a análise da viabilidade do uso de elementos pré-fabricados, pois, em alguns casos, pode ocorrer a inviabilização da montagem dos componentes, seja por falta de espaço físico para os equipamentos de montagem ou devido a terrenos com relevos acidentados que impeçam sua locomoção (PIGOZZO *et al.*, 2006).

3.5.5. Controle de qualidade e inspeção

O controle de qualidade e a inspeção de todas as etapas de produção, transporte e montagens dos elementos pré-fabricados devem ser executados para garantir o cumprimento das especificações do projeto (ABNT, 2006).

A identificação das peças de concreto pré-fabricado pode ser feita por meio de etiquetas afixadas à armadura da peça, por exemplo. Esta etiqueta pode conter

alguns dados, tais como: identificação da peça, data de fabricação, número do pedido, sequência de montagem, nome e localização da empresa cliente, dimensões, peso e volume e tipo da peça.

3.6. APLICAÇÕES

A aplicação de pré-fabricados no Brasil é mais intensa em construções de galpões e em certos componentes como lajes, estacas, postes e tubos circulares para drenagem e esgotos (EL DEBS, 2000).

A pré-fabricação em concreto pode ser classificada em 3 tipos:

- Sistemas construtivos / estruturais;
- Componentes e;
- Sistemas celulares.

3.6.1. Sistemas Construtivos / Estruturais

Em pesquisa realizada por uma universidade americana envolvendo dados de fabricantes e de publicações dos Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, Suécia, Japão, Itália e Austrália, foram identificados 19 tipos de sistemas estruturais em concreto pré-fabricado, dentre sistemas já consolidados e outros ainda em desenvolvimento. O que se percebe é que os sistemas diferem entre si, mas apenas com pequenas modificações, como uma forma de caracterização do fabricante.

A diferenciação consiste no tipo de viga utilizada (“T”, “L” ou retangulares, por exemplo), no tipo de laje (alveolar, “pi”), no tipo de concreto, nas dimensões da peças, e também na disposição das instalações na estrutura (Figura 46). Em alguns sistemas, as instalações são posicionadas em aberturas deixadas nas lajes, ou até mesmo entre as vigas (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005).

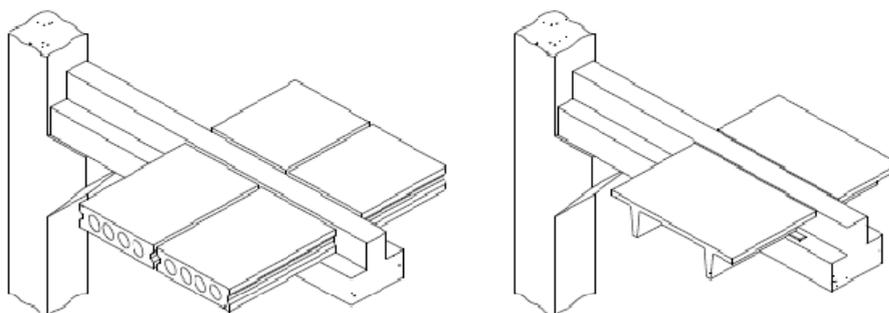


Figura 46 – Exemplos de sistemas estruturais em concreto pré-fabricado, sendo à esquerda uma laje alveolar e, à direita, uma laje “pi”
Fonte: EL DEBS (2000), p. 293

A maioria dos fabricantes pesquisados utiliza algum *software* para otimizar a alocação dos equipamentos e funcionários, transporte e montagem das peças.

Grande parte desses fabricantes acredita na possibilidade de utilizar o sistema pré-fabricado em concreto em todas as tipologias, mas alguns revelaram que os residenciais não são muito comuns, sendo os supermercados, faculdades e shoppings os que apresentam maior facilidade.

Os tipos mais comuns de sistemas estruturais em concreto pré-fabricado utilizados são os seguintes (EL DEBS, 2000; ABCIC, 1986):

- 1- Sistema com estruturas em esqueleto, composto por pilares, vigas e lajes, usado em edificações de alturas médias e baixas, e com um número pequeno de paredes de contraventamento para estruturas altas; e
- 2- Sistema com paredes estruturais, que consiste em componentes de painéis portantes verticais e de painéis de lajes. É comumente usado em construção de casas e apartamentos, hotéis e escolas.

3.6.1.1. Estruturas em esqueleto

Esse tipo de estrutura é composto por vigas e pilares em concreto pré-fabricado, conectados através de ligações entre estes componentes, de modo a apoiar e transferir as cargas verticais e horizontais para as fundações. São adequados para construções que necessitem de flexibilidade de utilização, pois permitem grandes vãos, com menos pilares internos e espaços mais abertos. As estruturas em esqueleto podem se subdividir em:

- 1- Estruturas aporticadas, frequentemente utilizadas para construções industriais, armazéns e construções comerciais; e
- 2- Estruturas em esqueleto propriamente dito.

As estruturas em esqueleto aporticadas são formadas por pilares e vigas de fechamento para cobertura, e costumam possuir um único pavimento. Os pilares são engastados na fundação, e as vigas apoiadas nos pilares (Figura 47). O espaçamento entre os pórticos varia de 6 m a 12 m, dependendo do tipo de cobertura adotado e das características da fachada (ABCIC, 1986; EL DEBS, 2000).

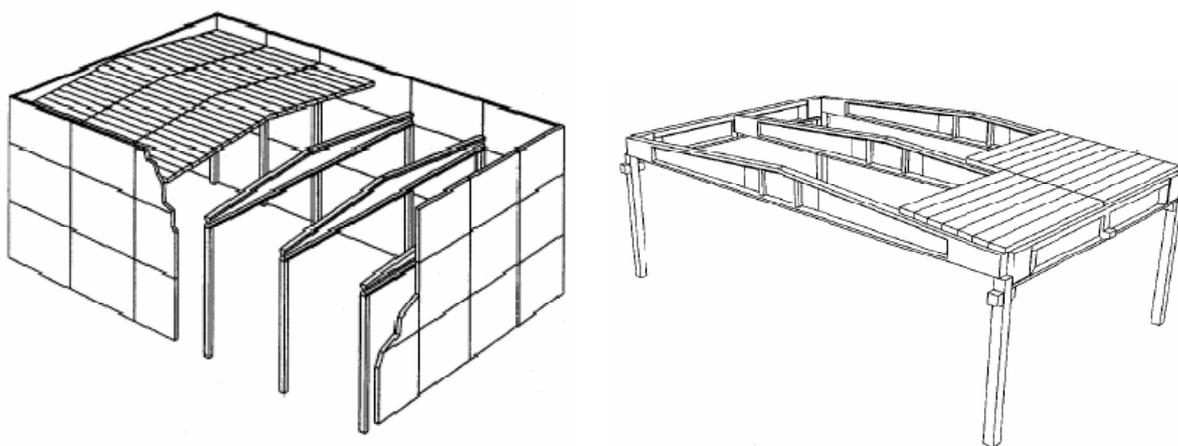


Figura 47 – Exemplos de estrutura aporticada
Fonte: ABCIC (1986), cap.5, p.2 e 5

Embora possuindo apenas um pavimento, esse tipo de estrutura oferece a possibilidade de inserção de um piso intermediário, por meio de uma ligação viga-pilar adicional, que sustente essa laje do piso intermediário (Figura 48) (ABCIC, 1986).

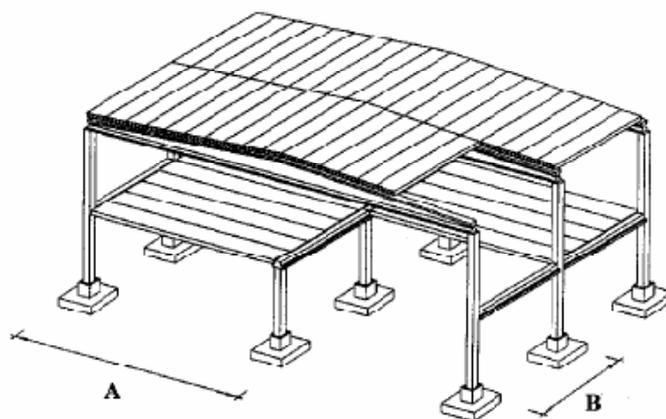


Figura 48 – Estrutura aporticada com piso intermediário
Fonte: ABCIC (1986), cap.5, p.7

As estruturas em esqueleto propriamente ditas são compostas por vigas, pilares e lajes de diferentes tamanhos, além de outros elementos, tais como escadas. Em geral, possuem múltiplos pavimentos. Os pilares costumam apresentar um comprimento superior ao pé-direito de um pavimento, com vigas apoiadas sobre os consolos desses pilares. Para alcançar a estabilidade do sistema, em edificações com mais de 4 pavimentos, utiliza-se o contraventamento da estrutura por meio de um núcleo rígido, que pode consistir em uma escada ou poço de elevador, por exemplo (Figura 49) (ABCIC,1986; EL DEBS, 2000).

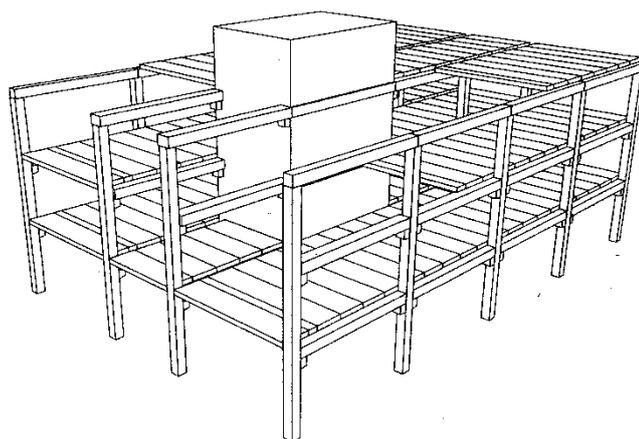


Figura 49 – Estrutura em esqueleto com núcleo central para garantir estabilidade ao sistema
Fonte: FEBE (2009)

3.6.1.2. Sistemas de paredes estruturais

Os sistemas de paredes estruturais com painéis pré-fabricados podem ser utilizados tanto em paredes internas como externas, sendo, em geral, bastante usados para compor o núcleo central dos edifícios com mais de 12 metros de altura, por meio de poços de elevador e caixas de escada, capazes de proporcionar rigidez (estabilidade) à estrutura, e também como paredes corta-fogo, devido à sua resistência ao fogo.

São mais empregados em edificações residenciais, tanto casas quanto apartamentos. A espessura e o tamanho do painel dependerão do projeto, com seus requisitos para a estabilidade estrutural, isolamento acústico ou resistência ao fogo (ABCIC, 1986).

Os sistemas de paredes estruturais podem ser de dois tipos:

- 1- Sistema de paredes integral: no qual todas as paredes, internas e externas, são em concreto pré-fabricado, embora algumas suportem cargas e outras desempenhem apenas a função de fechamento. Para este tipo de sistema, são, em geral, usados painéis tipo sanduíche;
- 2- Sistema de paredes na periferia: no qual somente as paredes externas ou as que fazem divisão entre unidades diferentes são construídas em concreto pré-fabricado; normalmente, estas paredes se situam nos locais onde haja a divisão de lajes (Figura 50).

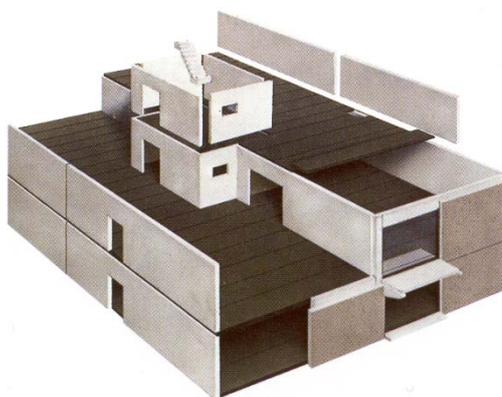


Figura 50 – Construção com paredes portantes, perpendiculares à fachada
Fonte: FEBE (2009)

O sistema de paredes pode também ser utilizado em um sistema composto de parede e esqueleto. As paredes de painéis pré-fabricados atuam bem como paredes de enrijecimento. As juntas horizontais entre os painéis pré-fabricados para este sistema podem ser feitas com argamassa seca (EL DEBS, 2000).

Deve-se atentar para o fato de que os sistemas de paredes portantes que utilizam painéis pré-fabricados, na maioria das vezes, sistemas isostáticos, são mais propensos ao colapso progressivo que as estruturas moldadas *in loco*, no caso de explosões ou outras ações acidentais. Por isso, é importante que se considere alguns efeitos de mau uso ou de um acidente, para que o dano ocorrido não se estenda a toda a estrutura. O procedimento mais comum consiste em assegurar que as áreas adjacentes ao local onde tiver ocorrido o dano proporcionem o encaminhamento alternativo das cargas, evitando o colapso global da estrutura (ABCIC, 1986; EL DEBS, 2000).

As paredes maciças de concreto podem ter uma espessura entre 8 e 24 centímetros, com uma altura que, em geral, corresponde à do pé-direito, chegando ao máximo 420 centímetros, e um comprimento variável de 240 centímetros a 14 metros. Durante a fabricação das paredes, pode ser prevista a construção de dutos para a passagem das instalações, assim como de vãos para as aberturas (ABCIC, 1986).

3.6.2. Componentes

Os componentes pré-fabricados são aqueles que integram um sistema construtivo pré-fabricado, sendo eles utilizados em parte, ou em toda edificação. Eles podem ser subdivididos em: fundações, escadas, pilares, terças, vigas, painéis de fechamento.

3.6.2.1. Pilares

Os pilares em concreto pré-fabricado podem ser elaborados em diversas formas e dimensões, e são as peças mais complexas e com maior dificuldade de execução. Em geral, a seção mínima utilizada é de 30 centímetros, devido a questões de manuseio e ligações com outras peças (Figura 51), o que também fornece uma resistência ao fogo de 2 horas. Essas peças podem possuir uma altura máxima de até 24 metros em uma única peça, altura esta condicionada às limitações dos meios de transporte (FEBE, 2006; MUNTE, 2004).

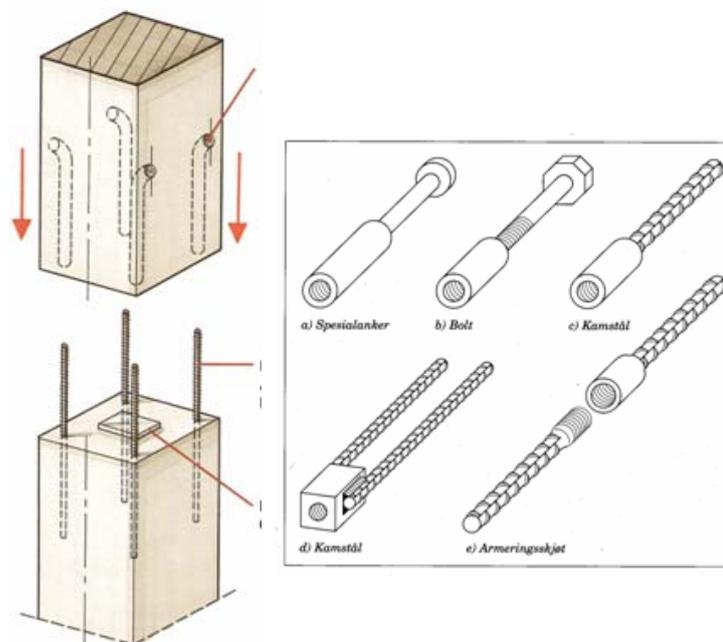


Figura 51 – Encaixe de pilares

Fonte: FEBE (2009)

Os pilares podem apresentar consolos em sua face, para receber vigas ou lajes (Figura 52), sendo as bordas dos pilares ageralmente chanfradas.



Figura 52 – Pilares com consolos.
Fonte: FEBE (2009)

3.6.2.2. Lajes

As lajes pré-fabricadas em concreto podem ser alveolares, nervuradas ou maciças. As lajes alveolares possuem vazios em seu interior, na direção longitudinal, que são chamados de alvéolos (Figura 53). Esses vazios fazem com que o peso próprio da laje seja reduzido. Essas lajes podem ser produzidas em concreto protendido ou em concreto armado, com comprimentos de até 20 metros.

A largura adotada para esse tipo de laje corresponde, em geral, a 1200 milímetros, embora também sejam encontradas lajes com largura variando entre 1000 e 2500 milímetros. A altura pode variar de 150 a 300 milímetros, sendo capaz de alcançar 500 milímetros (MUNTE, 2004; ABCIC, 1986; EL DEBS, 2000).



Figura 53 – Laje alveolar
Fonte: PROJETODESIGN nº. 256, 2001

Em geral, as lajes nervuradas são protendidas, podendo assumir a forma de duplo T ou U invertido (Figura 54). A espessura dessas lajes varia de 15 a 80 centímetros, e seu comprimento pode chegar a 40 metros (ABCIC, 1986; EL DEBS, 2000).

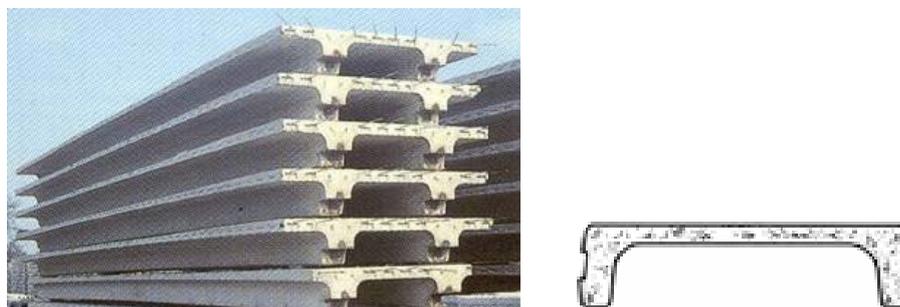


Figura 54 – Laje duplo T e laje U invertido.
Fonte: FEBE (2009)

As lajes pré-fabricadas alveolares e nervuradas são utilizadas principalmente para atuarem como pisos nas edificações. Para manter a integridade estrutural do sistema, os elementos de piso devem ser amarrados entre si, para formarem um único elemento estrutural. Caso haja uma capa de concreto sobre essas lajes de piso, esta deverá ser armada com tela soldada (ABCIC, 1986).

Já as lajes pré-fabricadas maciças são mais utilizadas como cobertura e para obras residenciais, devido a questões higrotérmicas e de isolamento acústico. O concreto utilizado nesses elementos normalmente é um concreto leve ou celular, com vistas à redução do peso e ao aprimoramento das características térmicas (ABCIC, 1986).

No Brasil as lajes mais utilizadas são as alveolares e as lajes “U”, sendo o vão médio para a laje alveolar correspondente a 7,7 metros (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005).

3.6.2.3. Vigas

As vigas pré-fabricadas em concreto podem ser de diversos tipos, e podem ser armadas ou protendidas (Figura 55).

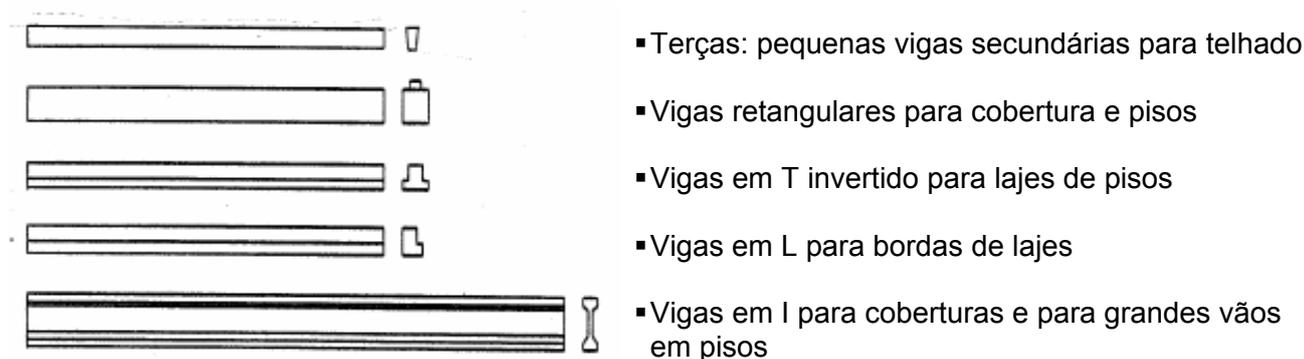


Figura 55 – Tipos de vigas
Fonte: ABCIC (1986), cap.5, p.17

As terças são vigas menores, chamadas de secundárias, pois são utilizadas para fixar as telhas da cobertura. Podem ter diversos tipos de seção, embora as mais utilizadas sejam as seções retangulares e em formato “I” (ABCIC, 1986).

As vigas para o apoio das lajes de piso frequentemente utilizam os formatos em “L” e em “T” invertido (Figura 56), a fim de proporcionar o encaixe da laje (ABCIC, 1986).

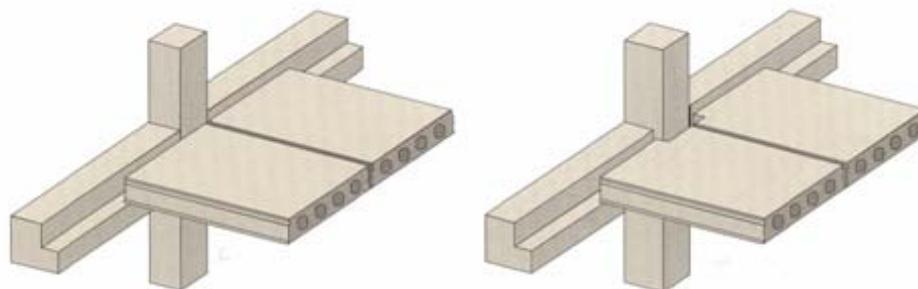


Figura 56 – Viga com seção em L, apoiando laje de piso
Fonte: FEBE (2009)

As vigas para cobertura podem apresentar uma altura variável, sendo, em geral, usadas em edifícios industriais. A seção transversal pode ser em formato “I” (Figura 57), em formato “W”, em seções retangulares ou em forma de shed. Existem também as vigas-calha, que possuem, em uma de suas faces, um canal condutor de água pluvial. Os vãos dessas vigas podem variar de 4 até 35 metros (ABCIC,1986, MUNTE, 2004).

As vigas mais usadas no Brasil são as de seção “T” invertida, “L”, “I” e retangular, podendo-se afirmar que o sistema estrutural mais utilizado é aquele composto por lajes alveolares apoiadas em vigas “T” invertidas, para o interior do pavimento, e em vigas “L” na periferia. Para a viga “T” invertida, é usual observar o vão médio de 8,9 metros (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005).



Figura 57 – Vigas tipo “I”
Fonte: FEBE (2009)

3.6.2.4. Elementos de fundação

Os elementos de fundação pré-fabricados em concreto podem ser utilizados tanto para fundações diretas quanto para indiretas. Para as fundações indiretas, já são bastante utilizadas as estacas pré-fabricadas em concreto, mas podem ser também pré-fabricados os blocos de coroamento das estacas. Para as fundações diretas, podem ser utilizadas sapatas pré-fabricadas, elementos para ligação de pilares (Figura 58) e vigas baldrame (MUNTE, 2004).



Figura 58 - Elemento utilizado na fundação, que promove ligação com o pilar: cálices de fundação
Fonte: FEBE (2009)

3.6.2.5. Escada

As escadas em concreto pré-fabricado são componentes com alto grau de industrialização. Esses componentes são oferecidos em lances, peças isoladas ou monobloco (Figura 59). Os componentes em lances são unidos para formar a escada, enquanto o monobloco contempla a escada completa, ao passo que as peças isoladas, quando unidas, formam a escada, como, por exemplo, a escada helicoidal. Esses elementos podem ser entregues, com ou sem acabamento (FEBE, 2006, EL DEBS, 2000).

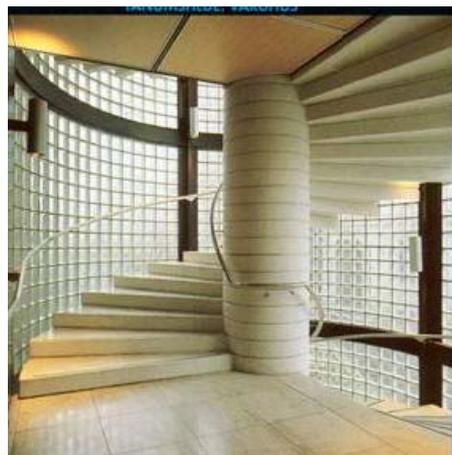
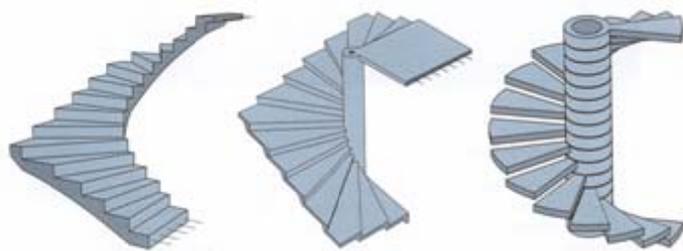


Figura 59 – Exemplos de escadas pré-fabricadas
Fonte: FEBE (2009)

3.6.2.6. Painéis de fechamento para fachadas de concreto arquitetônico

Os sistemas para fachadas compostos por painéis de concreto surgem nos anos de 1950. Esses sistemas podem ser compostos por painéis maciços ou painéis-sanduíche, com ou sem função estrutural. Apresentam-se em variados tipos de formato e execuções, desde o simples fechamento até os mais requintados painéis em concreto arquitetônico para escritórios e fachadas importantes (ABCIC, 1986).

Concreto arquitetônico constitui um termo utilizado para os elementos em concreto pré-fabricado com maior flexibilidade de formas e acabamentos incorporados, tais como cor ou textura, indo além de sua função somente estrutural ou de fechamento (PEREIRA, 2001).

Os sistemas pré-fabricados para fachadas, quanto a sua função estrutural, podem ser divididos em portantes ou não-portantes, e quanto aos seus painéis, em maciços ou sanduíche.

O sistema de painéis portantes é composto por painéis que suportam as cargas dos pisos e as cargas verticais dos pavimentos acima dele. As forças horizontais da fachada são transferidas para núcleos centrais ou paredes de contraventamento, por meio da ação de diafragma do pavimento (Figura 60) (ABCIC, 1986).

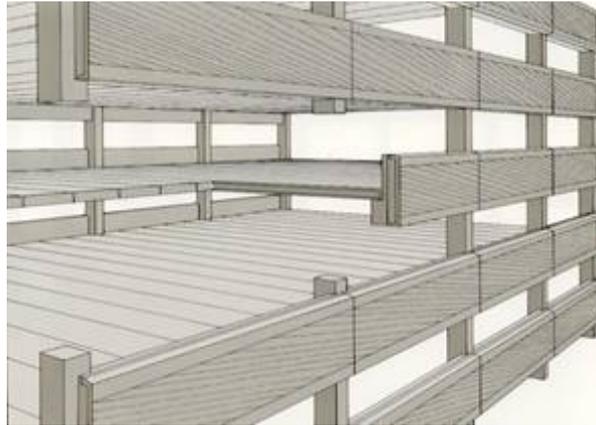


Figura 60 – Painel portante
Fonte: FEBE (2009)

O sistema de painéis não-portantes desempenham a função exclusiva de fechamento. Neste sistema, os painéis podem ser fixados à estrutura ou apoiar-se uns sobre os outros, formando uma parede cortina autoportante (Figura 61) (ABCIC,1986).

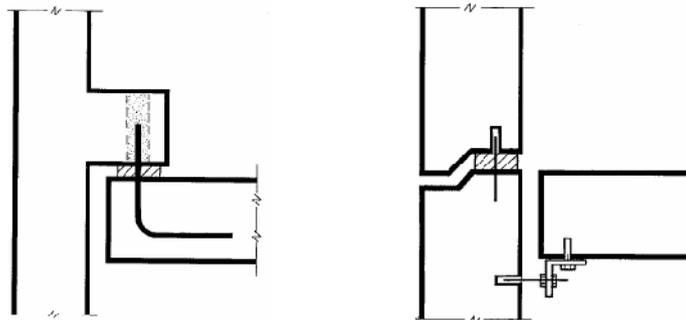


Figura 61 – À esquerda – painel fixado a estrutura /À direita – painel autoportante, onde a ligação à estrutura só desempenha a função de travamento horizontal
Fonte: ABCIC, cap.8, p.4

Os painéis-sanduíche são aqueles compostos por duas camadas de concreto e um material isolante térmico entre eles (Figura 62), e são usualmente empregados com estruturas do tipo esqueleto. Já os painéis maciços são compostos por apenas uma camada de concreto (CPCI, 2007; ABCIC, 1986; FEBE, 2006).



Figura 62 – Painel-sanduíche
Fonte: FEBE (2009)

Há também um sistema que utiliza os painéis de modo isolado, formando um “sanduíche”, ou melhor, uma fachada de pele dupla. Neste sistema, as duas camadas de concreto que formam o painel são montadas e produzidas de maneira separada. Primeiramente, é colocada a camada portante, que fica voltada para o lado interno, sendo, em seguida, aplicadas as juntas selantes e o isolante térmico sobre esta face, e por fim, sendo colocada a camada externa do painel. Este tipo de sistema permite que o material utilizado no painel da camada externa seja diferente do interior, possibilitando maior variedade no uso de materiais.

Outra vantagem consiste no fato de que o material isolante é colocado de maneira contínua, evitando pontes térmicas, inclusive nas juntas entre painéis. A desvantagem encontra-se no maior número de componentes, quando comparado aos outros sistemas, o que gera mais manuseio das peças, mais transporte e mais ligações. Os painéis internos de uma fachada de pele dupla podem ser projetados para resistir a ações como, por exemplo, a força do vento (ABCIC, 1986).

O concreto arquitetônico pode ser usado também na fabricação de elementos pré-fabricados decorativos para a edificação, como cornijas, sacadas ou guarda-corpos (FEBE, 2006; ABCIC, 1986).

A aparência das juntas nas fachadas é um ponto do projeto que pode ser solucionado de diversas formas, de modo a obter-se um resultado estético satisfatório. Pode-se trabalhar com juntas falsas, através de frisos mais ou menos

pronunciados, caso seja esta a intenção, ou pode-se ocultar a junta, aplicando um material decorativo sobre ela, ou ainda pode-se torná-la menos perceptível, quando colocada na divisão entre dois tipos de materiais (OLIVEIRA, 2002; CPCI, 2007; MUNTE, 2004).

Os painéis de fechamento podem assumir diversas formas, desde as planas até as arredondadas. As superfícies dos painéis de concreto podem assumir vários tipos de acabamentos, desde o concreto em sua aparência natural até acabamentos altamente sofisticados, com diversos tipos de textura e variadas cores (Figura 63). Além das cores e texturas que podem ser geradas a partir da própria mistura do concreto, podem ser incorporados vários tipos de revestimentos a ele, tais como cerâmicas e pedras naturais (FEBE, 2006; CPCI, 2007; OLIVEIRA, 2002).



Figura 63 – Painéis de fechamento com cores e texturas diversas.

Fonte: FEBE (2009)

Os moldes para estes painéis (fôrmas) podem ser fabricados em aço, madeira ou GRP (poliéster reforçado com fibra de vidro), e essa escolha implicará em aspectos como custo e número de reutilizações da fôrma (PEREIRA, 2001).

A altura dos painéis fica entre 1,20 m e 3,00 m, e o seu comprimento pode chegar até o triplo desse valor. Para a largura, costuma-se definir um módulo para que esta dimensão seja múltipla, da mesma forma como é levada em consideração a grade estrutural do edifício. Neste dimensionamento, também deve ser avaliada a necessidade de transporte e de manuseio dos componentes, e o seu peso não deve ultrapassar 10 toneladas, capacidade normalmente utilizada nas fábricas. Recomenda-se que uma das duas dimensões do painel não ultrapasse a 3,60 m (ABCIC, 1986; PEREIRA, 2001).

A espessura do painel é determinada pelo projeto estrutural, pelo cobrimento mínimo da armadura, pelo comprimento do painel (ver Quadro 7) e pela limitação de fissuração na desmoldagem da peça (ABCIC, 1986; PEREIRA, 2001).

COMPRIMENTO DO PAINEL (M)	ESPESSURA (MM)
2,00	75*
3,00	90
4,00	100
5,50	125
6,00	140-160

* para painéis reforçados com aço inoxidável

Quadro 7 – Espessuras típicas dos painéis pré-fabricados de concreto segundo seu comprimento
 Fonte: PEREIRA (2001)

A modulação é um item desejável no projeto e construção de uma edificação pré-fabricada, pois pode ter influência direta sobre os custos de produção dos componentes, embora não deva constituir um empecilho à criação de uma edificação.

Para a modulação dos painéis de fachada, recomenda-se que os eixos sejam pelo seu lado interno, e que, a partir desse posicionamento de eixos, sejam geradas quinas (Figura 64). Dentre as soluções para cantos de fachada, a menos utilizada é a solução de interseção em diagonais, devido à fragilidade das bordas e à dificuldade na execução de um acabamento plano nas faces que se juntam (ABCIC, 1986; CPCI, 2007).

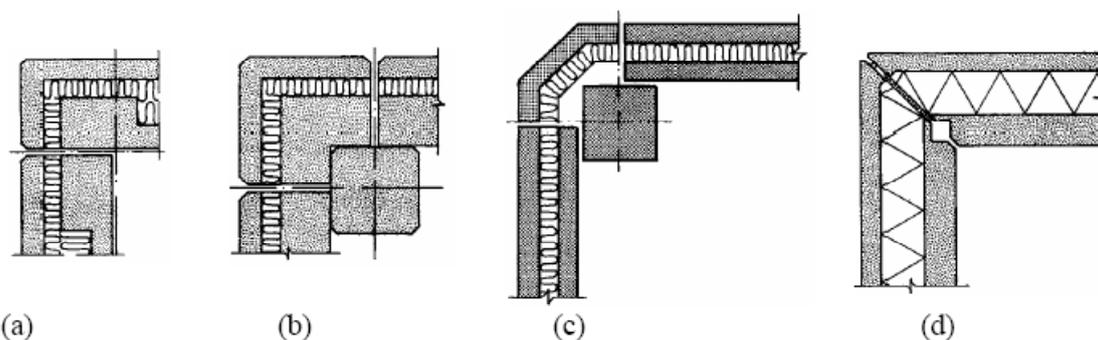


Figura 64 – Soluções para cantos de fachadas: (a) painel com canto integrado, (b) e (c) elemento de canto separado, e (d) interseção de painéis em diagonais

Fonte: ABCIC, cap.8, p.10

As ligações dos elementos de fachada devem ser projetadas de forma a permitir movimentos térmicos entre a fachada e a estrutura. A fixação dos painéis à estrutura pode ocorrer de diversas formas (Figura 65), dentre as quais as opções abaixo (ABCIC, 1986):

- Ligação por sobreposição de armaduras de espera: mais frequente em painéis portantes, mas também utilizada em painéis não portantes, esse tipo de ligação consiste no traspasse de armaduras preenchidas com concreto no local. Possui como desvantagem a necessidade de escoras temporárias, pois não fornece fixação imediata;
- Ligação parafusada: em geral utilizada em painéis não portantes. Os fixadores, tais como parafusos ou barras, são inseridos no concreto e promovem a fixação imediata dos painéis. Possui como desvantagem a necessidade de serem previstas tolerâncias em todas as direções da ligação para possíveis ajustes (OLIVEIRA, 2002);
- Ligações soldadas: sua eficiência depende da qualidade da mão-de-obra que executará essa ligação, pois essa ligação é, em grande parte, efetuada no local da obra (OLIVEIRA, 2002).

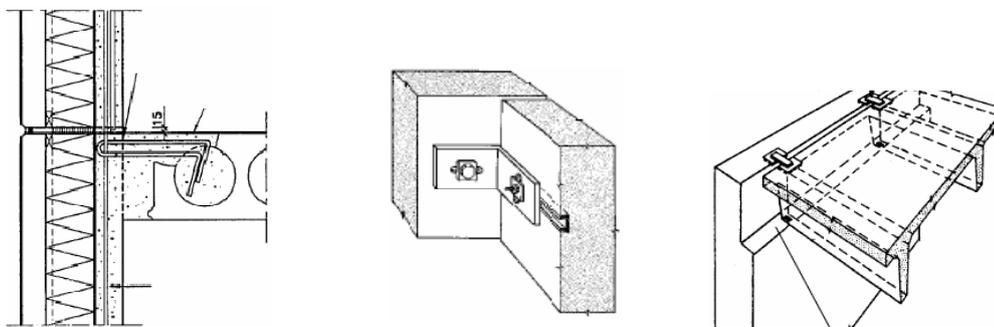


Figura 65 – Exemplos de fixações de painéis (da esquerda para a direita): ligações por sobreposição de armadura, parafusadas e soldadas

Fonte: ABCIC, cap.8, p.18, 19 e 20

De acordo com Pereira (2001), os painéis podem ser fixados mediante o uso de dois tipos de conectores, os pinos e as cantoneiras (Figura 66).

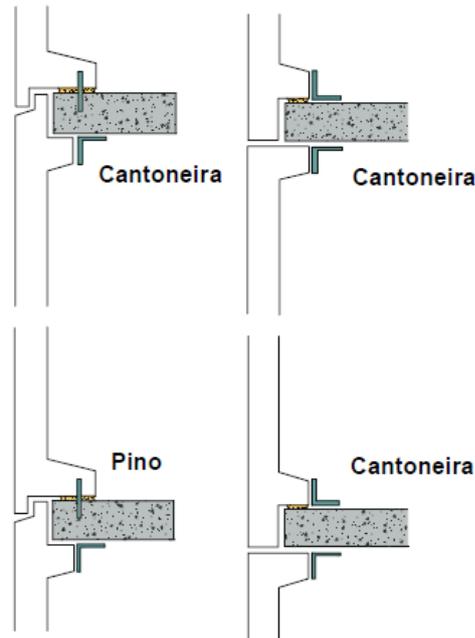


Figura 66 – Conectores: pinos e cantoneiras
Fonte: PEREIRA (2001), p. 68

Os materiais utilizados na fixação de painéis devem possuir características que garantam a sua resistência contra a deterioração, pois, em geral, essas peças são localizadas em locais onde o acesso para manutenção é dificultado, ou mesmo impossibilitado. Os materiais mais utilizados nestes dispositivos são os metais, principalmente devido às suas propriedades de resistência mecânica e ductibilidade. São usados o aço carbono, o aço patinável e o aço inoxidável (ABCIC, 1986; OLIVEIRA, 2002).

3.6.3. Sistemas Celulares

Os sistemas celulares, também conhecidos como elementos tridimensionais ou volumétricos, consistem em células de concreto pré-fabricado com elementos de partes da parede e partes da laje, onde o módulo pode chegar completamente pronto à obra. Possui como vantagem a rapidez, e como desvantagem a maior dificuldade de transporte, elevado peso e menor flexibilidade arquitetônica. Esse

sistema é, muitas vezes, utilizado em banheiros, cozinhas, hotéis e garagens (EL DEBS, 2000; ABCIC, 1986).

No Espírito Santo, módulos monolíticos de concreto armado pré-fabricado têm sido utilizados nos últimos anos para a construção de penitenciárias capixabas, como aconteceu com os Centros de Detenção Provisória dos municípios de Vila Velha, Viana e Colatina (Figura 67).



Figura 67 – Exterior do Centro de Detenção Provisória de Vila Velha – ES
Fonte: <http://www.es.gov.br/site/noticias/show.aspx?noticiald=99723488>

Os módulos podem ser entregues com todos os acabamentos, permitindo qualquer tipo de acabamento, assim como em um ambiente construído por meio do sistema convencional. A diferença reside no fato de que o acabamento realizado em fábrica reduz o desperdício dos materiais e permite um melhor controle da qualidade.

A dimensão dos módulos permanece condicionada ao tamanho máximo do veículo que transportará as peças e do maquinário que as içará até a sua posição final (Figura 68).



Figura 68 – Transporte de módulo

Fonte: <http://rivolitecna.com>

Os banheiros prontos (Figura 69), uma das utilidades do sistema de módulos, possuem todas as instalações embutidas – água, esgoto e elétrica – são nivelados e impermeabilizados, e todas essas etapas são realizadas durante o processo de fabricação na indústria. Para a execução na obra, só resta a conexão das instalações às prumadas do edifício.



Figura 69 – Banheiros prontos

Fonte: Projeto Design / FEBE (2009)

CAPÍTULO 4

ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

4. ENTRAVES E DIFICULDADES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE GESTÃO DA QUALIDADE E NA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS

A indústria da construção civil brasileira sofreu avanços significativos nos últimos anos, tais como o aumento da sua produtividade, a racionalização de processos construtivos e a redução do consumo de materiais. Isso ocorreu por meio da modernização dos meios de produção e da introdução de uma grande variedade de materiais, ferramentas, equipamentos, técnicas especiais, e de processos construtivos e administrativos voltados à construção civil.

Entretanto, a indústria da construção civil brasileira ainda encontra muitos entraves para o alcance de níveis de qualidade como aqueles atingidos pela indústria automobilística do Brasil, ou pelo próprio setor de construção civil em países como Estados Unidos ou Alemanha.

Como já apresentado no capítulo 2, o setor da construção civil possui, por si só, características inerentes que dificultam a sua industrialização. A estas acrescentam-se outras peculiaridades do setor da construção civil brasileira, que serão explicitadas no item seguinte.

4.1. ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO

O Quadro 8, que enumera as características do setor da construção civil que dificultam sua industrialização, foi elaborado de acordo com dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC; IEL (2005) e Baptista (2009).

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

CARACTERÍSTICAS	FONTE
Produtividade muito baixa	MDIC;IEL (2005)
Grandes problemas na qualidade dos produtos	MDIC;IEL (2005)
Taxação fiscal diferenciada	MDIC;IEL (2005)
O mercado consumidor não conhece suas necessidades	MDIC;IEL (2005)
Os agentes do processo produtivo não estão preparados	MDIC;IEL (2005)
Falta de visão dos agentes envolvidos	MDIC;IEL (2005)
A habitação ainda não é considerada uma mercadoria	BAPTISTA (2009)
A oferta abundante de mão-de-obra	BAPTISTA (2009)
Oferta de habitações é bem menor que a demanda	BAPTISTA (2009)

Quadro 8 - Características da construção civil brasileira que dificultam a sua industrialização

A produtividade do setor da construção civil no Brasil é muito baixa, está estimada em um terço da produtividade em relação aos países considerados desenvolvidos.

O setor apresenta grandes problemas na qualidade dos produtos em toda a cadeia produtiva, desde os intermediários até o produto final, o que eleva os custos, devido à necessidade de realização de correções e manutenção.

O uso de componentes industrializados é desestimulado devido aos impostos que incidem sobre estes produtos, tornando-os mais caros que os tradicionais. Os componentes em concreto pré-fabricado, por serem industrializados, possuem um custo adicional em relação à construção moldada *in loco*.

O ICMS, que é o Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços, incide sobre as operações de saída de mercadorias de estabelecimentos industriais, comerciais e agropecuários, e gira em torno de 18%, dependendo do Estado, ao passo que, sobre as estruturas moldadas no local, incide apenas o ISS (Imposto sobre Serviço), que varia de 2 a 5%, conforme legislação do local (MORAES, 2000). Além do ICMS, incide sobre as estruturas pré-fabricadas o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI).

O mercado consumidor não conhece bem suas necessidades em relação aos produtos ofertados. O produto “edificação” não é de consumo frequente, razão pela

qual o usuário, em geral, tem dificuldade em diferenciar os produtos disponíveis, e assim escolher aquele que atenda melhor às suas necessidades.

Os participantes do processo produtivo da construção civil não estão suficientemente capacitados para gerenciar esse processo baseado em conceitos e ferramentas que se adequem aos novos padrões de qualidade, competitividade e custos.

Falta a visão dos agentes envolvidos na construção civil para identificar e avaliar as tendências do mercado, cenários econômicos futuros e novas oportunidades de crescimento.

A habitação ainda não foi totalmente transformada em mercadoria, devido às suas características individuais.

A oferta abundante de mão-de-obra favorece a conservação dos métodos tradicionais de construção, que conta com o uso intensivo do trabalho. Tal sistema é ainda mais propiciado pelo baixo custo dessa mão-de-obra. O progresso técnico do setor da construção civil ocorre principalmente na indústria de materiais de construção, nos escritórios de projeto e na pesquisa e desenvolvimento de novos materiais, componentes ou sistemas construtivos, embora este progresso esbarre nas formas empíricas de execução no canteiro.

Já se tornou um hábito que os grandes contingentes de trabalhadores não qualificados sejam absorvidos pela construção civil, como uma solução para manter o nível de emprego.

A oferta de habitações no Brasil ainda é bem menor que a demanda (déficit habitacional), e, por isso, as empresas podem escolher o mercado para o qual vão produzir, e de que forma atuarão, com que qualidade e com qual custo, e ainda obtendo grande margem de lucro, já que não restam muitas opções para o consumidor.

O elevado déficit habitacional, em torno de 8 milhões de habitações em 2009, também contribui para a queda de qualidade na construção dessas edificações, já que o anseio em aumentar o número de construções é maior que a preocupação com a qualidade com que estas são edificadas (CLETO, 2006).

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

Já Francklin Júnior e Amaral (2008) dividem em 4 categorias os fatores que influenciam a aplicação de inovações tecnológicas, e conseqüentemente a utilização de sistemas pré-fabricados em concreto:

- o ambiente, que engloba a legislação, as exigências dos consumidores, a cultura local, a competitividade;
- a tecnologia (caracterizada pela dependência de outros setores);
- a organização (na qual se encontram empresas de diferentes portes e níveis de organização); e
- o indivíduo (responsável pelo desenvolvimento e aplicação destas inovações).

4.2. ENTRAVES PARA O USO DO CONCRETO PRÉ-FABRICADO

Os entraves para o desenvolvimento e expansão do uso de sistema construtivo em concreto pré-fabricado são basicamente os mesmos encontrados em qualquer sistema construtivo industrializado. Por isso, baseado em aspectos que interferem no desenvolvimento da construção metálica analisados por Moraes (2000), são elencados, a seguir, alguns dos entraves ao desenvolvimento da construção em concreto pré-fabricado:

- Falta de profissionais qualificados;
- Deficiência de normas técnicas;
- Carência de institutos técnicos;
- Taxação fiscal diferenciada;
- Ausência de peças padronizadas;
- Quantidade de empresas que produzem o concreto pré-fabricado;
- Ausência de uma filosofia (tradição/cultura) para construção pré-fabricada.

O número reduzido de profissionais qualificados para atuarem na área do sistema construtivo pré-fabricado em concreto é um dos grandes empecilhos ao

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

desenvolvimento deste sistema, pois falta capacitação técnica. Tanto arquitetos quanto engenheiros possuem pouco conhecimento neste tipo de sistema. Esta deficiência inicia-se desde a fase de formação desses profissionais, que não possuem em sua grade curricular disciplinas que instruem sobre tal assunto.

Segundo Elliot (2002) *apud* Pigozzo *et al.* (2006), um dos fatores que dificultam a difusão do sistema pré-fabricado em concreto é o fato desse sistema ser considerado por seus fabricantes como um produto de inovação tecnológica (segredo industrial), donde há resistência em divulgar esta tecnologia, bloqueio este que se propaga para o meio acadêmico, onde se verifica a quase que total ausência do ensino dessa disciplina nas grades curriculares dos cursos de engenharia civil e arquitetura das faculdades brasileiras.

Em pesquisa realizada em 2009 nos sites de algumas universidades brasileiras, foi feito um levantamento das disciplinas relacionadas ao tema Concreto, ministradas aos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura. Constatou-se que o assunto Concreto Pré-moldado ou Concreto Pré-fabricado raramente é ofertado nas grades curriculares desses cursos.

Tabela 2 – Levantamento em grade curricular de cursos de graduação em arquitetura e engenharia civil

UNIVERSIDADE	CURSO	N°. disciplinas dedicadas ao concreto*		N°. disciplinas dedicadas ao concreto pré-fabricado	
		obrigatória	optativa	obrigatória	optativa
USP - São Carlos	Engenharia civil	4	5	0	1
	Arquitetura	1	1	0	1
UFES	Engenharia civil	2	1	0	0
	Arquitetura	1	0	0	0
Unicamp	Engenharia civil	3	8	0	0
	Arquitetura	1	0	0	0
UFMG	Engenharia civil	2	3	0	0
	Arquitetura	1	0	0	0
UFOP	Engenharia civil	2	1	0	0
UFV	Engenharia civil	2	2	0	0
	Arquitetura	1	0	0	0
UFJF	Engenharia civil	3	1	0	0
	Arquitetura	1	0	0	0

* concreto armado, protendido ou concretos especiais

Fonte: Levantamento realizado nas grades curriculares dos cursos, disponíveis nos sites das universidades em 2009.

Observa-se que, dentre os cursos pesquisados, apenas dois oferecem uma disciplina optativa relacionada ao assunto do concreto pré-fabricado. A partir desse

quadro, já se tem um indicativo de que os sistemas pré-fabricados em concreto são ainda pouco utilizados, pois são pouco conhecidos dos profissionais da área de engenharia civil e arquitetura. Outro fator que prejudica ainda mais o conhecimento técnico dos profissionais é a pequena quantidade de pesquisas e publicações relacionadas ao assunto.

Como consequência dessa falta de conhecimento, surge a dificuldade em conceber um projeto que conte com esse sistema. Os profissionais de projeto da construção civil são pouco preparados para trabalharem com esse sistema, decorrendo daí a dificuldade no momento da elaboração do projeto.

Na maior parte das vezes, os projetos não são concebidos para utilização de pré-fabricados, desde o projeto arquitetônico até os projetos complementares. Projeta-se em concreto pré-fabricado da mesma maneira como se projeta com o concreto convencional, forçando a uma adaptação do projeto já concebido ou a produtos disponíveis. Esse tipo de situação faz com que algumas das vantagens do uso da pré-fabricação sejam desperdiçadas.

O ensino deste tema tem se desenvolvido especialmente em programas de pós-graduação de algumas universidades e em cursos de especialização. No Brasil, a Universidade Federal de São Paulo em São Carlos possui um núcleo de pesquisas voltado para esse tema, o NET-PRÉ, Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados.

Outro fator que interfere negativamente no desenvolvimento da construção com componentes pré-fabricados em concreto é a deficiência de normas técnicas brasileiras que abordem tal assunto. As normas técnicas existentes, além de escassas, estão defasadas. O Quadro 9 apresenta as normas relacionadas ao tema, publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A norma NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, publicada em 1985, é a norma que trata do concreto pré-fabricado de um modo geral, visto que abrange desde os conceitos do sistema até a forma de produção e montagem. Em 2001 e 2006, essa norma sofreu uma revisão, sendo apenas modificada no tocante à resistência ao fogo desse tipo de estrutura, e mantendo-se intacto o restante do seu teor.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

NÚMERO DA NORMA	DESCRIÇÃO DA NORMA
NBR 9062 (2006)	Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
NBR 14859-1 (2002)	Laje pré-fabricada – Requisitos Parte 1: Lajes unidirecionais
NBR 14859-2 (2002)	Laje pré-fabricada – Requisitos Parte 2: Lajes bidirecionais
NBR 14860-1 (2002)	Laje pré-fabricada – Pré-laje – Requisitos Parte 1: Lajes unidirecionais
NBR 14860-2 (2002)	Laje pré-fabricada – Pré-laje – Requisitos Parte 2: Lajes bidirecionais
NBR 14861 (2002)	Laje pré-fabricada – Painel alveolar de concreto protendido - Requisitos
NBR15305 (2005)	Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro - Procedimentos para o controle da fabricação
NBR15306-1 (2005)	Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro - Método de ensaio - Parte 1: Medição da consistência da matriz
NBR15306-2 (2005)	Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro - Método de ensaio - Parte 2: Medição do teor de fibra da mistura no estado fresco - Método de lavagem
NBR15306-3 (2005)	Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro - Método de ensaio - Parte 3: Medição do teor de fibra da mistura projetada
NBR15306-4 (2005)	Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro - Método de ensaio - Parte 4: Medição da resistência à flexão - Método "ensaio simplificado de flexão"
NBR15306-5 (2005)	Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro - Método de ensaio - Parte 5: Medição da resistência à flexão, método "ensaio completo de flexão"
NBR15306-6 (2005)	Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro - Método de ensaio - Parte 6: Determinação da absorção de água por imersão e da massa unitária seca
NBR15306-7 (2005)	Produtos pré-fabricados de materiais cimentícios reforçados com fibra de vidro - Método de ensaio - Parte 7: Avaliação das variações dimensionais máximas em função do teor de água
NBR 15396 (2006)	Aduelas (galerias celulares) de concreto armado pré-fabricadas – Requisitos e métodos de ensaios
NBR 15522 (2007)	Laje pré-fabricada - Avaliação do desempenho de vigotas e pré-lajes sob carga de trabalho
NBR 15873 (2010)	Coordenação modular para edificações

Quadro 9 - Normas brasileiras referente a concreto pré-fabricado, publicadas pela ABNT

A ABNT NBR 9062:2006 regula o projeto, a execução e o controle das estruturas pré-moldadas de concreto armado ou protendido, podendo ser mistas, ou seja, parcialmente executadas em concreto moldado no local. As estruturas pré-fabricadas que utilizam concreto leve ou outro tipo de concreto especial não são contempladas nessa norma.

Esta norma que abrange os procedimentos de projeto para pré-moldados faz referência às normas de concreto armado (ABNT NBR 6118:1980 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, norma com versão de 2003) e de concreto protendido (ABNT NBR 7197:1989 – Projeto de estruturas de concreto protendido) para preparo e concretagem.

Mais de 20 anos já se passaram desde a publicação da ABNT NBR 9062, e muito provavelmente esta norma se encontre defasada, pois, durante este tempo, a construção civil vem se desenvolvendo, aprimorando os processos existentes ou, até mesmo, criando novas tecnologias.

Além disso, há uma carência de institutos técnicos brasileiros atuantes para desenvolver o tema do concreto pré-fabricado. Esses institutos poderiam contribuir por meio do desenvolvimento de pesquisas, atualização e criação de normas técnicas, e difusão desse sistema construtivo. Um dos poucos institutos que têm contribuído para essa divulgação do sistema é a ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto).

Esta associação foi criada em 2001, e atualmente possui o Selo de Excelência ABCIC (Figura 70), que é um selo de qualidade para as empresas associadas que produzem elementos pré-fabricados em concreto destinados à construção civil e que passem por um processo de qualificação. Esse selo tem por objetivo qualificar os produtores, avaliando as fases de atendimento ao cliente, projeto, fabricação, montagem e assistência técnica, servindo, ainda, de orientação para os consumidores de pré-fabricados em concreto (DONIAK e FILIPPI, 2010; ABCIC, 2009).

A empresa que desejar possuir esse selo deve solicitar à ABCIC o seu credenciamento e assim passar pelas fases de avaliação, para que se verifique sua

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

aptidão a receber o selo. Existem 3 níveis de certificação, sendo o nível III o que apresenta um maior número de exigências para sua obtenção. O selo ABCIC atesta a conformidade das empresas com vários itens, o que garante sua capacidade técnica e organizacional, gerando mais segurança para a utilização do pré-fabricado (DONIAK e FILIPPI, 2010; ABCIC, 2009).



Figura 70 – Logotipo do selo de excelência ABCIC
Fonte: www.abcic.org.br

A taxa fiscal é diferenciada daquela adotada para construções moldadas *in loco*, o que influencia no custo um pouco mais elevado para as construções em pré-fabricados em concreto, quando comparadas às moldadas *in loco*. Além do ICMS, incide também sobre as estruturas de concreto fabricadas nas indústrias o IPI, Imposto sobre Produtos Industrializados, onerando ainda mais esses produtos.

A ausência de componentes padronizados em concreto pré-fabricado é outro obstáculo que dificulta a difusão desse sistema industrializado. No Brasil, não há uma padronização nacional das peças em concreto pré-fabricado, ou seja, cada empresa fabricante cria seu próprio padrão e o adota, prejudicando, assim, a intercambialidade entre os componentes de fabricantes diferentes.

A quantidade de empresas que produzem componentes para sistemas pré-fabricados em concreto, quando comparada ao número de empresas que executam estruturas em concreto moldado *in loco* ou fabricam componentes para este sistema tradicional, é muito pequena.

Outra dificuldade para o uso de sistemas pré-fabricados é a falta de tradição, tanto da sociedade, quanto dos projetistas, em habitar ou projetar edificações com esse tipo de sistema construtivo. A sociedade não deseja habitar em uma casa modulada e montada, devido à falta de confiança na solidez dessa edificação. E o projetista

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

não quer propor um edifício neste sistema, devido à falsa ideia de limitação das possibilidades estéticas.

Nenhum desses aspectos realmente condiz com o sistema pré-fabricado em concreto, tratando-se de meros julgamentos que foram sendo dispersos na sociedade, sem qualquer comprovação técnica. Essa falta de tradição, que acarreta um uso restrito do material, faz com que a produção dos elementos seja menos repetitiva, e, conseqüentemente, menos competitiva.

Existem diversos exemplos de construções pré-fabricadas em concreto executados em outros países, que não tiveram seu padrão estético prejudicado em decorrência do sistema construtivo utilizado. Pode-se citar o Canadá, que possui vários desses exemplos. Um deles é um conjunto residencial que utilizou 354 módulos pré-fabricados em concreto, formando 158 apartamentos, com um ou dois pavimentos, e que possuem de 1 a 4 quartos (Figura 71).

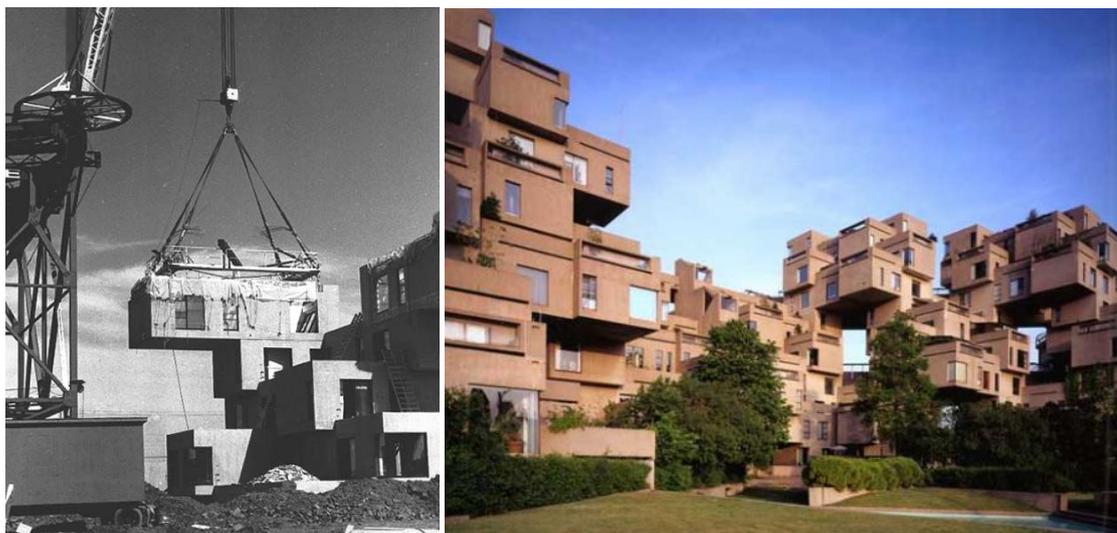


Figura 71 – Conjunto residencial em Montreal, Canadá, construído inicialmente para a Exposição de 1967, e mais tarde ampliado.

Fonte: HABITAT (1967)

Além dos entraves citados anteriormente, pode-se incluir outros que contribuem para a limitação do uso de pré-fabricados em concreto: estrutura de financiamento inadequada para construção civil, vez que a rentabilidade da operação de financiamento do imóvel é mais atraente para o incorporador do que a redução de prazos proporcionada pela pré-fabricação; dificuldade de planejamento das obras

pré-fabricadas, pois exigem um desembolso mais rápido no custo da estrutura; e inércia do mercado em relação ao abandono de soluções convencionais.

4.3. OS 3 SEGMENTOS

Para o melhor desempenho do setor da construção civil, verifica-se a necessidade de planejamento a curto, médio e longo prazo. Nesse sentido, com o planejamento estratégico do setor, a construção civil incorporaria novas tecnologias e processos de gestão mais acurados e ajustados ao crescimento regional, ambiental e social adequados. Ou seja, crescimento sustentado. Para tanto, requer-se a interação entre instituições ligadas ao setor, que, para fins didáticos, serão divididas neste trabalho em 3 segmentos: público, produtivo e profissional (Figura 72).



Figura 72 - 3 Ps (segmento Público, Produtivo e Profissional)

Esses segmentos devem exercer suas funções de maneira adequada e coordenadas, para gerarem um aperfeiçoamento no produto final da construção civil, que, por consequência, trará melhores condições de vida.

Em países desenvolvidos, estes segmentos trabalham em conjunto, interagem entre si, fazendo a troca de informações e gerando desenvolvimento para o setor da

construção civil. Ao contrário, em países ditos em desenvolvimento como o Brasil, estes segmentos trabalham isoladamente, não permitindo a criação de redes de troca de informações, e prejudicando sobremaneira um melhor desempenho. Esta falta de interação é um dos entraves na absorção de novas tecnologias, e, conseqüentemente, dificulta um crescimento mais desejável.

Assim, a construção civil encontra obstáculos para o seu desenvolvimento, devido a essa falta de interação e de ações integradoras dos segmentos público, produtivo e profissional. Dessa forma, no item seguinte, apresentam-se as características predominantes de cada um dos segmentos, assim como a forma como eles têm atuado.

4.3.1. Segmento Público

O segmento público é composto pelo Estado, que está dividido em três instâncias: a municipal, a estadual e a federal (Figura 73). Estas 3 instâncias são organizadas por meio dos órgãos públicos, que são unidades que possuem uma função específica na organização do Estado.



Figura 73 - Agentes do segmento público

Este segmento tem por função disciplinar e regular todas as ações que fazem uma sociedade funcionar, graças à criação de regras que organizam os processos produtivos. Estas regras são impostas à sociedade por meio das legislações Municipal, Estadual e Federal, e de políticas públicas. São exemplos de políticas públicas: política tributária, política macroeconômica, política científica e tecnológica,

política energética, políticas de crédito imobiliário, políticas de desenvolvimento urbano, política habitacional etc.

A seguir, estão relacionadas ações no âmbito das 3 instâncias voltadas para a construção civil, que refletem as funções deste segmento público, assim como suas atitudes para contribuir com o desenvolvimento do setor.

4.3.1.1. Instância Federal

No âmbito federal, o governo cria programas, institui diretrizes para o desenvolvimento urbano, e elabora e executa planos nacionais e regionais. A partir desses instrumentos criados e das verbas disponibilizadas, os governos municipais e estaduais os colocam em prática.

A seguir estão relacionados os programas, considerados políticas públicas, em andamento no ano de 2009 do Governo Federal, implementados por meio do Ministério das Cidades, relacionados às áreas de habitação, urbanização, saneamento e transporte. O Governo Federal implementa sua Política Nacional de Desenvolvimento Urbano através desses programas criados por ele. Estes programas estão listados no Quadro 10.

Na área de habitação, o Programa Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários visa à melhoria das condições de habitabilidade e urbanização de assentamentos precários, destinado a famílias com renda mensal de até R\$ 1,05 mil.

O Programa Apoio à Provisão Habitacional de Interesse Social apoia projetos voltados para a produção de alternativas e soluções habitacionais, articulando recursos e iniciativas do poder público, da população e de organizações sociais, com envolvimento das comunidades nas ações de autoconstrução e mutirão. Visa à produção ou aquisição de unidades habitacionais, de lotes urbanizados e requalificação urbana e é destinado a famílias com renda mensal de até R\$ 1,05 mil.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

O Programa Pró-moradia financia os estados, municípios ou órgãos das administrações diretas e indiretas para o desenvolvimento de ações integradas e articuladas que resultem na melhoria da qualidade de vida da população de menor renda ou na produção de alternativas e soluções habitacionais, por meio da construção de conjuntos habitacionais, urbanização e regularização de favelas e desenvolvimento institucional.

ÁREA	PROGRAMA
HABITAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Programa Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários - Programa Apoio à Provisão Habitacional de Interesse Social: - Programa Pró-moradia: - Programa Carta de Crédito Individual: - Programa Carta de Crédito Associativo: - Programa Arrendamento Residencial (PAR) - Programa Crédito Solidário: - Programa Apoio à Produção: - Programa Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H: - Programa Apoio à Elaboração de Planos Locais de Habitação de Interesse Social: - Programa Minha Casa Minha Vida
URBANIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Programa Papel Passado - Programa Prevenção e Redução de Riscos - Programa Plano Diretor Participativo - Programa Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais
SANEAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Programa Serviços Urbanos de Água e Esgoto - Programa Resíduos Sólidos Urbanos - Programa Drenagem Urbana Sustentável - Programa Pró-municípios - Programa de Modernização do Setor de Saneamento - Programa de Ação Social em Saneamento - Programa Saneamento para Todos
TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA	<ul style="list-style-type: none"> - Programa Mobilidade Urbana - Programa de Infra-estrutura de Transporte e da mobilidade Urbana (PRÓ-TRANSPORTE) - Programa de Infra-estrutura para Mobilidade Urbana (PROMOB)

Quadro 10 – Programas do governo federal em andamento no ano de 2009
Fonte: BRASIL (2009)

O Programa Carta de Crédito Individual oferece financiamentos diretos ao mutuário, nas modalidades de aquisição, construção, conclusão, ampliação, reforma ou melhoria de unidade habitacional, aquisição de material de construção ou de terreno.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

Já o Programa Carta de Crédito Associativo financia pessoas físicas, organizadas em condomínios, sindicatos, cooperativas, associações, companhias de habitação ou empresas do setor da construção civil, para produção de lote urbanizado, construção de unidade habitacional ou aquisição de unidade nova, assim como reforma de prédios para reabilitação habitacional. Esses dois programas são destinados a famílias com renda mensal de até R\$ 3,9 mil.

O Programa Crédito Solidário concede financiamento a pessoas físicas com juro zero, desde que organizadas em cooperativas habitacionais ou mistas, associações e demais entidades sem fins lucrativos. Destina-se à aquisição de terreno e construção, reforma e ampliação de unidade habitacional, construção em terreno próprio e conclusão de construção. Beneficia famílias com renda de até R\$ 1,14 mil, admitindo-se renda de até R\$ 1,9 mil, limitado a 10% do grupo associativo ou a 35%, no caso de projetos a serem implementados em regiões metropolitanas.

O Programa Apoio à Produção concede financiamento à pessoa jurídica, para a produção de empreendimentos habitacionais, em duas ações distintas, segundo a faixa de renda das famílias beneficiadas – abaixo e acima de cinco salários mínimos, sendo destinado a famílias de diversas faixas de renda.

O Programa Arrendamento Residencial (PAR) foi criado para atender a famílias com renda mensal de até R\$ 1.800,00, sendo destinado à construção e reforma de moradias nos grandes centros urbanos. Objetiva a aquisição de empreendimentos a construir, em construção ou recuperação e proporciona, após a conclusão das obras, moradia à população de baixa renda, sob a forma de arrendamento residencial com exercício de opção de compra ao final do prazo contratual (15 anos), podendo-se antecipar o exercício da opção, a partir do quinto ano do contrato.

O poder público local desempenha a função de identificar locais para a implantação dos projetos; indicar famílias a serem beneficiadas; e promover ações facilitadoras e redutoras dos custos de implantação dos projetos, tais como tributos, contribuições e taxas. A Caixa Econômica Federal é o agente financeiro responsável pela execução do Programa PAR.

O Programa Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H visa a ampliar o acesso à moradia de qualidade para a população de baixa renda, elevando os

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

patamares da qualidade e produtividade da construção civil, com o uso de procedimentos ambientais, sociais e economicamente sustentáveis, e por meio da avaliação de conformidade de empresas de serviços e obras; qualificação de materiais, componentes e sistemas construtivos; avaliação técnica de produtos inovadores; capacitação e certificação profissional. É destinado a profissionais, empresas e entidades civis e governamentais, públicas e privadas que compõem a cadeia produtiva da construção civil.

O PBQP-H é um desdobramento do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade - PBQP, coordenado pela Casa Civil da Presidência da República. Uma de suas características reside na parceria Estado/Setor Privado, pois os benefícios somente serão obtidos se todos os agentes intervenientes no processo atuarem voltados para esse objetivo, lançando mão de instrumentos, de políticas, estratégias e métodos ajustados em consenso.

Seu objetivo é a melhoria da qualidade dos projetos, obras, materiais, componentes e sistemas construtivos, melhoria da produtividade, com a qualificação da mão-de-obra, introdução de inovações tecnológicas e a redução dos custos da construção habitacional para aumentar a competitividade no setor. O programa é composto por projetos que contribuirão para alcançar os objetivos.

O Programa Apoio à Elaboração de Planos Locais de Habitação de Interesse Social, destinado aos estados e municípios, fornece apoio ao poder público na elaboração ou revisão de Plano Local de Habitação de Interesse Social – PLHIS, que é um requisito para adesão ao Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS.

O programa “Minha Casa, Minha Vida”, lançado em março de 2009, tinha como meta inicial a construção de 1 milhão de moradias para famílias com renda mensal de até 10 salários mínimos, sendo desse montante 400 mil moradias para famílias com até 3 salários mínimos. A previsão de investimento no lançamento do programa foi de 60 bilhões de reais (COMBATENDO, 2009).

O déficit habitacional brasileiro está estimado em 7,2 milhões de moradias, sendo que, desse total, 91% está concentrado na faixa de renda de até 3 salários mínimos e 36,4% na região Sudeste.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

O governo disponibiliza recursos para que construtoras, em parceria ou não com o setor público, apresentem projetos para a liberação desses recursos. A distribuição dos recursos é feita de acordo com o déficit habitacional de cada região. O período total de análise do empreendimento para a liberação do recurso foi reduzido de 120 dias para aproximadamente 30 dias. Essa redução deve-se, dentre outras razões, à diminuição do número de itens analisados pela Caixa que passou de 225 para 30 itens (CAIXA, 2009).

Os imóveis devem ser vendidos na planta, com redução da taxa de juros para o financiamento e barateamento do seguro. Para as habitações destinadas a famílias com renda de até 3 salários, exige-se que as habitações sejam dotadas de aquecimento solar-térmico (CAIXA, 2009).

O programa “Minha Casa, Minha Vida” prevê ainda o financiamento da cadeia produtiva pela concessão de crédito pelo cartão BNDES para a melhoria da qualidade da construção (com capacitação técnica de pessoal, implementação de sistemas de gestão da qualidade e melhoria da qualidade de processos e produtos) e para a construção industrializada, a fim de promover alternativas construtivas de maior qualidade construtiva e menor impacto ambiental (CAIXA, 2009).

Dentre os itens financiáveis para a construção industrializada, estão: implantação, modernização e expansão de unidades industriais de casas pré-fabricadas, desenvolvimento de produtos pré-fabricados, capacitação técnica de pessoal, capital de giro, e máquinas e equipamentos nacionais. O programa prevê também maior facilidade e rapidez na obtenção de licenciamento ambiental dos empreendimentos (CAIXA, 2009).

Os Estados e Municípios poderão contribuir com o programa por meio da doação de terrenos, infraestrutura para o empreendimento, desoneração fiscal e agilização das aprovações de projetos, alvarás, autorizações e licenças.

Na área de urbanização, tem sido desenvolvido o programa Papel Passado que apoia a regularização fundiária sustentável de assentamentos informais em áreas urbanas (Figura 74), por meio da elaboração de planos municipais de regularização fundiária sustentável e implementação de atividades específicas para este fim.

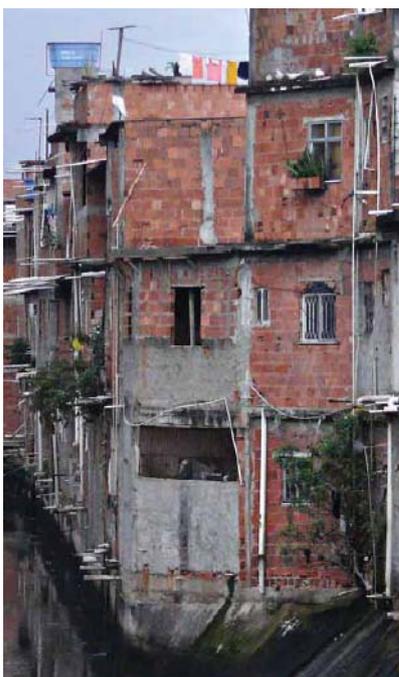


Figura 74 – Assentamento informal em área urbana.
Fonte: www.finep.gov.br

O programa Prevenção e Redução de Riscos, voltado para a prevenção de deslizamentos de encostas, visa à capacitação de profissionais dos municípios para o mapeamento dessas áreas, à elaboração de planos para diminuir estes riscos, assim como à realização de projetos básicos de engenharia para a estabilização de encostas.

O programa Plano Diretor Participativo objetiva implementar os instrumentos do Estatuto da Cidade e garantir o acesso à terra urbanizada e bem localizada a todos, por meio do apoio à elaboração, revisão e implementação de Planos Diretores Participativos.

O programa Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais possui objetivo de recuperar áreas centrais de capitais e regiões metropolitanas com a qualificação do espaço público, recuperação do patrimônio e estímulo à utilização de imóveis vazios e ociosos, a fim de reverter o processo de esvaziamento e degradação urbana. Apóia a elaboração de planos e projetos de reabilitação, a execução de obras de infraestrutura e requalificação urbana.

Na área de saneamento, existe o programa Serviços Urbanos de Água e Esgoto, que apoia a implantação e ampliação de sistemas de abastecimento de água, de

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

coleta e tratamento de esgotos sanitários, em municípios com população superior a 50 mil habitantes.

O programa Resíduos Sólidos Urbanos é destinado à cobertura e eficiência dos serviços de limpeza urbana, promoção da inclusão e emancipação econômica de catadores e encerramento de lixões, por meio da elaboração de projetos de assistência técnica no manejo de resíduos sólidos e da desativação de lixões ou adequação de aterros sanitários.

O programa Drenagem Urbana Sustentável busca promover a gestão sustentável da drenagem urbana dirigida à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por enchentes urbanas e ribeirinhas.

O programa Pró-municípios visa a implantar ou melhorar, em todos os municípios, obras de infraestrutura, tais como: abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, elaboração de planos diretores de desenvolvimento urbano, melhoria das condições da mobilidade urbana, produção ou aquisição de unidades habitacionais e urbanização de assentamentos precários.

O programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) objetiva capacitar técnicos, fazer o controle de perdas de água, e elaborar estudos para a construção do Sistema Nacional de Informações de Saneamento - SNIS.

O programa de Ação Social em Saneamento (PASS-BID) visa a ampliar a cobertura e melhorar a qualidade dos serviços de saneamento ambiental urbano, tais como abastecimento de água, esgotamento sanitário, melhoria da gestão empresarial dos prestadores de serviços; educação sanitária e ambiental; capacitação de entidades ambientais; apoio à realização de estudos para o desenvolvimento de políticas para o setor de saneamento.

O programa Saneamento para Todos propõe a integração e articulação das ações de saneamento com outras políticas.

Na área de Transporte e Mobilidade Urbana, existem 3 programas. O Programa Mobilidade Urbana está dividido em 5 ações:

1. Apoio a Projetos de Corredores Estruturais de Transporte Coletivo Urbano, através da qualificação das vias de transporte em áreas centrais; terminais;

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

- abrigo em pontos de parada; equipamentos de acessibilidade para qualificação do sistema de transporte através da melhoria de acessibilidade;
2. Apoio à elaboração de projetos de sistemas integrados de transporte coletivo urbano, por meio de Plano Diretor de transporte e de mobilidade urbana; planos de sistemas integrados de transporte e de circulação; plano de circulação não motorizada; projetos de terminais;
 3. Apoio a projetos de sistemas de circulação não motorizados, graças à implantação de equipamentos cicloviários; implantação de intervenções que contribuam para a minimização dos conflitos entre os diversos modos de transporte e de circulação; implantação, reforma ou ampliação de passeios públicos;
 4. Apoio à Implantação de Medidas de Moderação de Tráfego; e
 5. Apoio a projetos de acessibilidade para pessoas com restrição de mobilidade e portadoras de deficiência.

O Programa de Infraestrutura de Transporte e da Mobilidade Urbana (PRÓ-TRANSPORTE) oferece financiamento a projetos do setor público e privado, para a melhoria dos sistemas de transporte coletivo público urbano e da mobilidade urbana.

O programa de Infraestrutura para Mobilidade Urbana (PROMOB) oferece financiamento a projetos de infraestrutura para a mobilidade urbana, que ofereçam aos usuários a melhoria da mobilidade urbana, por meio da implantação de infraestrutura que beneficie os sistemas de transporte e de circulação.

Ainda no âmbito federal, estão algumas leis que regulam e colaboram para o funcionamento e desenvolvimento do setor da construção civil.

A Lei Federal 11.888/2008 – Lei de Assistência Técnica – sancionada no final de 2008, assegura a famílias de baixa renda (até 3 salários mínimos) o acesso à assistência técnica pública e gratuita em arquitetura, urbanismo e engenharia, para a elaboração de projeto e construção de moradias. Caberá às prefeituras municipais disponibilizar estes profissionais à sociedade. Em meados de 2009, o Ministério das Cidades iniciou um processo de cadastramento de projetos de assistência técnica à habitação de interesse social (COMBATENDO, 2009).

Um exemplo de participação do segmento público, no que se refere ao

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

desenvolvimento do setor da construção civil, são os projetos da Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE), do Estado de São Paulo. Já nos processos licitatórios para a contratação de projetos para escolas estaduais, este órgão exige, em edital, que esses projetos sejam elaborados em estrutura pré-fabricada de concreto (Figura 75).



Figura 75 - Escola executada em estrutura pré-fabricada em concreto no município de Campinas, São Paulo.

Fonte: GIMENEZ (2005)

A partir de uma estrutura e um programa de necessidades pré-definidos, o projeto deve ser elaborado. Apesar da importância do incentivo à utilização de um sistema construtivo industrializado, esta apresentou alguns problemas em sua fase inicial, que se relacionavam à execução do sistema sem observância dos padrões aceitáveis de qualidade, como, por exemplo, as instalações hidráulicas e elétricas, que não foram compatibilizadas com a estrutura, permitindo que pontos da edificação ficassem malacabados (GIMENEZ, 2005).

A Constituição Brasileira de 1988 inclui os artigos 182 e 183, que se referem ao capítulo de Política Urbana e são considerados um avanço, em relação à Constituição anterior, no que se refere ao acesso a uma vida urbana mais digna para todos. Estes artigos estabelecem que a política de desenvolvimento urbano seja executada pelo Poder Público Municipal, assim como cria instrumentos para cumprir a função social da cidade, como, por exemplo, o plano diretor, que é obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes (ABIKO e MORAES, 2009).

Esses artigos, porém, só foram regulamentados com a criação do Estatuto da Cidade

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

(Lei Federal n. 10.257, de 2001), aprovado após 11 anos de tramitação, contribuindo com instrumentos urbanísticos, tributários e jurídicos para garantir a efetividade ao Plano Diretor. Ele estabelece ainda uma gestão democrática, que garante a participação popular em todas as decisões que sejam de interesse público, tais como a construção do Plano Diretor ou em empreendimentos públicos ou privados que possam afetar negativamente a vida da cidade (ABIKO e MORAES, 2009).

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano é um instrumento para o desenvolvimento e a expansão urbana, com crescimento econômico e social justo e ecologicamente equilibrado. Algumas leis básicas devem estar contidas nos planos diretores: lei de uso e ocupação do solo, parcelamento do solo, sistema viário, Código de Obras e Código de Posturas (ABIKO e MORAES, 2009).

Outra forma por meio da qual o governo federal pode influenciar no setor da construção civil reside na adoção de certas providências como, por exemplo, a redução de impostos. A partir do dia 1º de abril de 2009, com fins de manter o ritmo da economia brasileira, que começava a ser abalada pela crise econômica iniciada nos Estados Unidos, o governo federal implementou uma medida (Decreto nº. 6.809/2009) que reduziu o IPI de vários itens de construção com vistas a manter o consumo dos materiais de construção, e por conseguinte, aquecer a economia e combater os efeitos da crise financeira. Itens como o cimento, tintas, revestimentos, argamassas, louças, entre outros, contaram com isenção de IPI.

4.3.1.2. Instância Estadual

No âmbito estadual, a participação para a ordenação e o desenvolvimento da construção civil está relacionada à criação de leis, planos e programas estaduais. Os planos e programas são criados e implementados pelas diversas secretarias existentes, e as regulamentações são fiscalizadas por órgãos estaduais como o Corpo de Bombeiros e a Vigilância Sanitária.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

O Corpo de Bombeiros é responsável pela segurança das edificações, no que tange à proteção contra incêndios. Para tanto, além de formular normas que regulam as edificações, ele é responsável pela análise dos projetos e pela vistoria e liberação das edificações para uso.

Com foco no Estado do Espírito Santo, foi feito um levantamento no segundo semestre de 2009 em sites oficiais do governo estadual, a fim de localizar iniciativas do segmento público que pudessem contribuir para o desenvolvimento e a industrialização do setor da construção civil. No Quadro 11, estão listadas as secretarias estaduais e as autarquias e ações ligadas a elas, que influenciam, direta ou indiretamente, o setor da construção civil.

SECRETARIAS	AÇÕES / AUTARQUIAS
SEDURB	Espírito Santo Sem Lixão
	Programa Nossa Casa
	IDURB
SEGEP	Pró- Gestão
SEAMA	Políticas estaduais de meio ambiente e de recursos hídricos
	IEMA
SETOP	IOPES
	DER-ES
SEP	Instituto Jones dos Santos Neves
SEDES	Pró-Moradia.
SECT	Incentivo a pesquisas através da concessão de bolsas de estudo e pesquisa

Quadro 11 – Secretarias estaduais relacionadas às suas ações e autarquias

A Secretaria de Saneamento e Desenvolvimento Urbano (SEDURB) apoia os municípios do estado a promoverem o seu desenvolvimento urbano, por meio da elaboração de projetos para a execução de obras de abastecimento de água, esgotamento sanitário, pavimentação, equipamentos urbanos, drenagem pluvial, contenção e estabilização do solo. Além disso, esta secretaria desenvolve dois projetos: Espírito Santo Sem Lixão e Programa Nossa Casa.

O projeto Espírito Santo sem Lixão visa a adequar a destinação final de 100% dos resíduos sólidos urbanos do estado, eliminando assim os lixões existentes e recuperando essas áreas degradadas. Dentre municípios capixabas, apenas 26 depositam seus resíduos em aterros sanitários, enquanto os outros 52 ainda utilizam lixões.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

Visando a auxiliar os municípios no cumprimento das legislações federal e estadual de meio-ambiente, o governo do Espírito Santo criou este projeto, que prevê a instalação de 4 sistemas regionais de destinação final adequada dos resíduos. Toda a parte de contratação e execução desses 4 sistemas ficará a cargo do governo estadual, ficando a cargo dos municípios a sua operacionalização.

O programa Nossa Casa apoia a construção de habitações populares, com a identificação das prioridades definidas pelo governo estadual, a identificação das demandas feita pelos municípios e a liberação de recursos feita pela Caixa Econômica Federal. Ele é destinado a famílias com renda mensal de até R\$ 380,00. A execução da obra pode ser feita tanto pelo município, quanto por associações ou cooperativas.

Devido à extrema escassez de recursos dos municípios abrangidos por programa, a Caixa Econômica Federal disponibiliza um projeto-padrão em alvenaria estrutural de blocos de concreto, assim como os projetos elétrico e hidrossanitário, para a construção de habitações populares de 36 m² ou 42 m² (Figura 76). Os recursos e subsídios são concedidos para aquisição de habitação nova ou usada, e construção ou reforma de habitação, em conjuntos habitacionais ou unidades isoladas urbanas ou rurais.

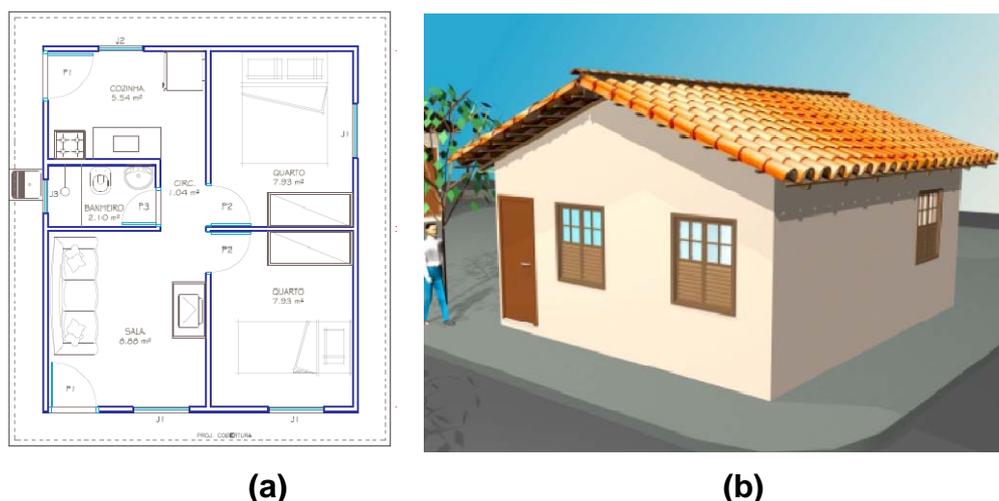


Figura 76 – (a) planta baixa e (b) perspectiva, do projeto padrão proposto para o Programa Nossa Casa.

Fonte: CAIXA (2006)

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

Vinculado à SEDURB, figura o recém-criado Instituto de Desenvolvimento Urbano e Habitação (IDURB), que substituirá a Companhia de Habitação e Urbanização (COHAB). Este órgão auxilia nas funções desenvolvidas pela SEDURB, assim como na implementação de obras de infraestrutura urbana e rural, e na promoção das ações relacionadas à habitação.

Na Secretaria de Gerenciamento de Projetos (SEGEP), existe o Programa de Gerenciamento Intensivo de Projetos, o Pró-Gestão, que tem por objetivo gerenciar todos os 24 projetos estruturantes do governo estadual para que possam ser executados com qualidade, custo otimizado e dentro dos prazos estabelecidos, para que sejam cumpridas as metas definidas no Plano de Desenvolvimento Espírito Santo 2025. Esta ferramenta de gerenciamento de projetos já é bastante utilizada no setor privado, embora ainda pouco difundida no setor público, sendo o estado do Espírito Santo o pioneiro na adoção dessa ferramenta.

Dentre esses 24 projetos estruturantes, nenhum deles está voltado diretamente ao setor da construção civil, embora, de alguma forma, eles propiciem desenvolvimento para esse setor. Nos projetos relacionados à mobilidade urbana e à ampliação e recuperação da malha rodoviária, há investimentos em obras de infraestrutura, e com a ampliação e modernização das redes escolar, hospitalar e prisional, são desenvolvidas novas edificações, teoricamente mais adequadas aos tempos atuais. O problema é que esse desenvolvimento propiciado à construção civil acontece de forma desorganizada e despreparada, o que impede a fruição de todos os benefícios que ele poderia trazer.

A Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) é responsável pelas políticas estaduais de meio ambiente e de recursos hídricos, visando a um desenvolvimento em harmonia com o meio-ambiente. A cargo do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), autarquia da SEAMA, ficam todos os licenciamentos ambientais, com exceção das atividades que gerem baixo impacto ambiental, mantidas sob a responsabilidade das prefeituras municipais. Também em relação a esta secretaria, não se verificou qualquer programa voltado especificamente para o setor da construção civil.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

A Secretaria de Transportes e Obras Públicas (SETOP) é a secretaria que está diretamente ligada às contratações de obras para o Estado do Espírito Santo, em parceria com dois órgãos ligados a ela: o Instituto de Obras Públicas do Espírito Santo (IOPES) e o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo (DER-ES).

O IOPES é o órgão responsável por todos os projetos de construção ou reforma das obras públicas do estado, assim como pela elaboração de normas e padrões técnicos para esses projetos. No entanto, ainda não se verifica qualquer atitude concreta por parte deste órgão que implique na melhoria da qualidade das construções públicas, além da elaboração de padronizações técnicas.

O Instituto Jones dos Santos Neves, autarquia da Secretaria de Economia e Planejamento (SEP), auxilia os municípios no cumprimento de suas funções, assim como na elaboração de planos diretores municipais, exigência estabelecida pelo Estatuto das Cidades.

A Secretaria de Desenvolvimento (SEDES) coordena, no Estado, o programa do governo federal o Pró-Moradia. Esse programa prevê a construção de 1.000 casas populares em 22 municípios que possuem índice de desenvolvimento abaixo da média nacional.

De acordo com informação disponível no site da SEDES, o setor da construção civil capixaba é responsável por 10% do PIB estadual, movimentando uma média anual de R\$ 2,8 bilhões, além de gerar cerca de 70 mil empregos, sendo o maior empregador entre os setores econômicos do estado. Das 2.800 empresas da construção civil capixaba, apenas 105 já passaram por algum processo de certificação (ISO 9002 – PBQP-H – Prodfor), e outras 117 estão a caminho da certificação.

A Secretaria de Ciência e Tecnologia (SECT) promove o incentivo a pesquisas, por meio da concessão de bolsas de estudo e pesquisa. A lei federal de inovação, nº 10.973 de 2004, incentiva que os estados busquem políticas para estimular a inovação tecnológica. Alguns estados brasileiros já formularam sua lei estadual, embora o Espírito Santo ainda não tenha promulgado tal legislação.

O Espírito Santo possui um plano de desenvolvimento estratégico lançado em 2006, chamado de Espírito Santo 2025, que traça metas de desenvolvimento até o ano de 2025, metas essas que serão alcançadas por meio de 93 projetos estruturantes. Esses projetos estão voltados para a redução da violência, da criminalidade e das desigualdades, erradicação da pobreza, desenvolvimento da rede de cidades, da logística e do capital humano, recuperação e conservação dos recursos naturais, aumento do valor agregado à produção, adensamento das cadeias produtivas, diversificação econômica, interiorização do desenvolvimento, inserção estratégica regional e fortalecimento da identidade capixaba. Vale ressaltar que, dentre esses projetos que traçam o perfil futuro do Espírito Santo, nenhum está diretamente relacionado ao setor da construção civil.

4.3.1.3. Instância Municipal

No âmbito municipal, pode-se perceber a participação do segmento público na construção civil pela criação de leis municipais e de programas implementados pelas secretarias.

A autarquia municipal deve cumprir as funções sociais da cidade, garantindo a todos que nela vivem o direito à moradia, aos serviços e equipamentos urbanos, ao transporte público, ao saneamento básico, à saúde, à educação, à cultura e ao lazer (ABIKO e MORAES, 2009).

O município é o responsável por fiscalizar e controlar as obras que são edificadas, considerando aspectos urbanísticos, tais como afastamentos e taxas de ocupação, e aspectos de salubridade e habitabilidade, como iluminação e ventilação (GRASSELLI, 2004).

Os planos diretores municipais e os códigos de obras, implantados por meio do Estatuto da Cidade, são exemplos de legislações que visam a regular o crescimento dos municípios de forma ordenada e com qualidade.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

O plano diretor municipal norteia o desenvolvimento da cidade, orientando e organizando o crescimento, por meio da divisão do espaço urbano em zonas, da definição dos usos permitidos e do tipo de ocupação, a fim de localizar as atividades de acordo com a vocação de cada local e a infraestrutura instalada ou projetada para aquela região. A partir do Estatuto da Cidade, estes planos passaram a ser obrigatoriamente elaborados com a participação de representantes da cidade, promovendo, assim, a discussão sobre a melhor forma como a cidade deve se desenvolver (INSTITUTO, 2008).

Dentre os estados da região sudeste, o Espírito Santo é o que possui o menor número de municípios com existência de legislação e instrumentos de planejamento urbano (Gráfico 2).

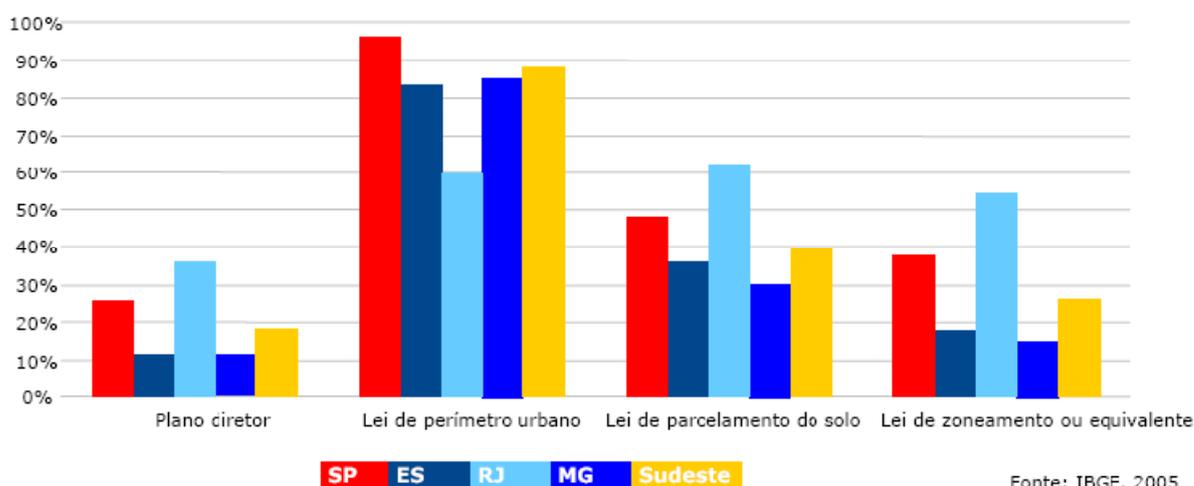


Gráfico 2 - Porcentagem de municípios da região Sudeste com existência de legislação e instrumentos de planejamento urbano.
Fonte: ESPÍRITO SANTO (2006)

O código de obras ou código de edificações estabelece critérios para a construção, reforma e ampliação das edificações, com condições mínimas de segurança, conforto, higiene e salubridade. Além disso, regula procedimentos administrativos e regras gerais para execução e manutenção, deixando o controle da qualidade das edificações a cargo de normas técnicas (GRASSELLI, 2004).

Os planos diretores municipais e os códigos de obras e de posturas brasileiros, em geral, limitam-se a dividir a cidade por zonas, nas quais se definem quais usos poderão se instalar e qual será a forma de ocupação do terreno. Com relação aos

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

aspectos construtivos, essas legislações muito pouco se manifestam, restringindo-se a itens como altura mínima de pé-direito e áreas mínimas de iluminação e ventilação. Em pesquisa realizada pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), foi feito um levantamento para apurar quais dentre os 78 municípios capixabas possuíam as leis urbanísticas básicas, consideradas indispensáveis para a gestão municipal (lei do Perímetro Urbano, Plano Diretor Municipal - PDM, lei do Parcelamento do Solo, Código de Obras, Código de Posturas, Código de Meio Ambiente e Plano Habitacional de Interesse Social). Na Tabela 3, está descrita a situação dos municípios capixabas com relação ao Plano Diretor Municipal e ao Código de Obras, considerados neste trabalho como instrumentos legais que podem contribuir para o avanço da utilização de sistemas construtivos industrializados.

Tabela 3 – Municípios capixabas que possuem PDM e Código de Obras.

SITUAÇÃO	PLANO DIRETOR MUNICIPAL	CÓDIGO DE OBRAS
Possuem lei	42	64
Lei em elaboração	4	6
Lei em tramitação*	7	1
Não possuem lei	24	4
Sem informação**	1	3
Total	78	78

Fonte: Adaptado de INSTITUTO (2008).

* Em tramitação: a lei já foi elaborada, mas ainda aguardava aprovação da Câmara Municipal.

** Sem informação: o Instituto Jones dos Santos Neves não obteve retorno do questionário enviado ou da consulta realizada.

Baseado no que recomenda o Estatuto das Cidades, os municípios que têm a exigência de possuir o PDM são aqueles com população acima de 20 mil habitantes ou que façam parte de região metropolitana. No Espírito Santo, 32 municípios estão sujeitos a essa obrigatoriedade devido ao tamanho da população, e 1 em decorrência da localização na Região Metropolitana de Vitória, o que totaliza 33 municípios a serem necessariamente regidos por essa lei. Pela pesquisa do Instituto Jones dos Santos Neves, observa-se que aproximadamente 54% dos municípios capixabas contam com o PDM e outros 14% estão em vias de conclusão do processo legislativo.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

Vale lembrar que, além da obrigatoriedade de um PDM para cada município, este instrumento deve ser elaborado com qualidade, incluindo diretrizes e normas que contribuam para o desenvolvimento da cidade e da melhoria de vida de sua população.

A partir de pesquisa realizada nos sites das prefeituras da Região Metropolitana de Vitória no ano de 2009, foi feito um levantamento das ações que se relacionam com o setor da construção civil, implementadas por essas prefeituras. A Região Metropolitana da Grande Vitória é composta pelos municípios de Vitória, Vila Velha, Serra, Cariacica, Viana, Guarapari e Fundão, que, juntos, concentram cerca de 50% da população do Estado em uma área de 5% do território capixaba.

Dentre as prefeituras municipais do Espírito Santo, a prefeitura da capital é a que se encontra mais bem estruturada e organizada com relação aos aspectos que versam sobre a questão da cidade. A Prefeitura Municipal de Vitória possui vários programas relacionados à área de construção civil, visando à melhoria da qualidade das construções e o crescimento ordenado da cidade.

Dentre esses programas, está o Programa Integrado de Desenvolvimento Social, Urbano e de Preservação Ambiental em Áreas Ocupadas por população de baixa renda, também conhecido como Terra Mais Igual. Este programa foi lançado em 2005, e apresenta-se como um aprimoramento de outro programa desta prefeitura, o Projeto Terra, possuindo uma atuação mais ampla, além das questões urbanísticas, avançando sobre questões sociais, como combate ao trabalho infantil e à pobreza, alfabetização de adultos e incentivo a práticas desportivas.

O Programa de Regularização de Imóveis tinha o objetivo de regularizar todas as edificações já construídas até 2003, e que não possuíam aprovação da prefeitura e/ou não estavam de acordo com o PDM ou Código de Obra. Este programa permitiu que esses imóveis, a partir da sua regularização, pudessem gozar dos benefícios concedidos às edificações regulares, como, por exemplo, a expedição de um alvará de funcionamento.

Nesta prefeitura, está em fase de implantação um sistema de aprovação de projetos informatizado, no qual é permitido o acompanhamento de todas as fases desse processo digitalmente e o que também reduz o tempo de tramitação.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

A Secretaria Municipal de Habitação, para suprir a necessidade de habitações populares, criou o Projeto Moradia, que promove a construção de residências e conjuntos habitacionais para famílias de baixa renda. Os empreendimentos desse projeto estão enquadrados em programas do governo federal, tais como o Programa de Arrendamento Familiar. Dentro desse projeto, houve uma experimentação de nova tecnologia construtiva com a construção de uma casa com paredes estruturais de elementos pré-fabricados de concreto (Figura 77).



Figura 77 - Sequência de construção de habitação popular utilizando sistema construtivo em concreto pré-fabricado.
Fonte: www.vitoria.es.gov.br

O Projeto Vitória de Todas as Cores promove a melhoria nas condições de habitabilidade e na estética de casas localizadas em áreas de interesse social, através de reparos na alvenaria, reboco e pintura das fachadas, e na recuperação de telhados. Além disso, promove a capacitação profissional das pessoas que trabalharão no projeto e a conscientização da comunidade através de temas propostos para o projeto, como meio ambiente.

O Projeto Morar sem Risco atua em moradias em situação de risco, seja pelo terreno, seja pela edificação em si. Esse projeto contempla desde o auxílio na reforma da moradia em situação de risco, até a transferência de famílias que nela habitam.

O Projeto Morar no Centro prevê a reforma e reabilitação de edificações desocupadas ou subutilizadas, localizadas no centro da capital, para o uso residencial.

O Projeto Terreno Legal promove a regularização de terrenos em situação não legalizada, concedendo aos moradores certos direitos, tais como o direito a um endereço oficial, atendimento pelos serviços da prefeitura e escritura do terreno.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

A Secretaria de Meio Ambiente possui programas que visam à melhoria da qualidade ambiental e influenciam na melhoria da infraestrutura da cidade, dentre os quais estão o Gestão Ambiental da Cidade e o Tratamento de 100% do esgoto municipal.

Sob a direção da Secretaria de Obras, desenvolve-se o Programa Municipal da Qualidade em Obras Públicas, o Qualiobras, que tem o objetivo de aumentar a qualidade e a produtividade das obras públicas municipais, por meio da gestão das contratações e das obras, prevenindo falhas, otimizando recursos e reduzindo custos.

Este programa é uma parceria com a iniciativa privada e segue as diretrizes do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat); dessa forma, as empresas vão gradualmente se adequando e adquirindo capacitação, e a prefeitura passa a exigir a certificação da empresa para que possa fornecer serviços ao município.

A Secretaria de Obras ainda possui o programa de Macrodrenagem de Vitória e o Projeto Mapenco. O Programa de Macrodrenagem visa à melhoria do sistema de drenagem de todo o município, para evitar problemas com as chuvas. O Projeto Mapenco, fruto de uma parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, faz o mapeamento das áreas de risco no município.

Com exceção da prefeitura de Vitória, os outros municípios da Região Metropolitana de Vitória apresentam em seus sites oficiais poucos programas voltados para a área da construção civil, e alguns deles nem contam com tais programas. A prefeitura municipal de Vila Velha não disponibiliza qualquer informação sobre programas municipais nas secretarias de desenvolvimento urbano, de meio ambiente, infraestrutura e projetos especiais, e obras. É interessante observar que este município sequer possui uma secretaria de habitação.

Apesar dos vários exemplos de ações adotadas pelo segmento público descritas neste item, a participação desse segmento no cenário atual ainda encontra-se bastante aquém daquela que ele poderia atingir.

4.3.2. Segmento Produtivo

O segmento produtivo é o responsável pela produção de bens para suprir as necessidades da sociedade, com base nas regras criadas pelo segmento público. Neste segmento, estão incluídas todas as indústrias da construção civil (materiais, extrativa e de serviços), além dos sindicatos relacionados a elas (Sinduscon) e o setor imobiliário (Figura 78).



Figura 78 – Agentes do segmento produtivo

O segmento produtivo da construção civil é bastante heterogêneo, incluindo desde empresas pequenas com tecnologia bem tradicional até grandes empresas com avançadas tecnologias (MELLO e AMORIM, 2009).

O segmento produtivo tem como um dos objetivos principais a obtenção de lucro, e por isso, na maior parte das vezes, se utiliza de quaisquer meios para chegar a este objetivo. O segmento se rege pelas regulamentações do segmento público e pela fiscalização do segmento profissional. Um exemplo disso é o que vem ocorrendo a partir de meados da década de 1990, quando passou a adequar sua produção e forma de produzir visando comprometer menos o meio ambiente, em função das fortes pressões que vem sofrendo.

Para que este segmento invista em melhorias no setor da construção civil, é necessário que este investimento gere mais lucro na sua produção ou que ele seja obrigatório, por força de leis por exemplo. Daí a importância da atuação conjunta dos outros dois segmentos, pois, na ausência de regulamentações, este segmento se direcionará tão somente pela forma mais lucrativa.

De acordo com o Departamento da Indústria da Construção (DECONCIC), da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), grande parte da indústria de materiais da construção civil possui uma estrutura industrial muito desenvolvida, sendo sua produtividade média anual de R\$ 46.050,00/trabalhador, contra R\$ 20.040,00/trabalhador da construção como um todo (dados do ano de 2006).

Os Sinduscons – Sindicato da Indústria de Construção Civil são sindicatos que se organizam nos Estados, e promovem, por meio de palestras e cursos, a difusão de conhecimentos que visam ao aperfeiçoamento do setor da construção civil.

As construtoras são empresas que atuam em diversas áreas, tais como obras rodoviárias, de saneamento, obras de arte especiais, centrais energéticas, obras industriais e construção civil. Algumas delas têm buscado capacitar seus funcionários, para melhorarem seu desempenho (produtividade) e, assim, adquirirem maior competitividade. Entretanto, essa atitude ainda é muito limitada, não sendo suficiente para modificar as características intrínsecas deste setor.

A maioria das empresas do setor da construção civil possui pouco interesse no desenvolvimento de pesquisas que objetivem o avanço tecnológico da construção.

A seguir, é apresentada uma breve descrição das indústrias de construção civil brasileira, europeia e americana, assim como uma comparação entre elas.

4.3.2.1. A construção civil brasileira

No Brasil, o segmento produtivo da construção civil possui características que dificultam o seu desenvolvimento e industrialização, conforme já apresentado no capítulo 2. Neste item, é traçado um breve panorama da construção civil no Brasil, apresentando-se outros aspectos desse segmento.

A área de recursos humanos da construção civil brasileira é caracterizada pelo pequeno número de programas de treinamentos nas empresas, pouco investimento

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

em formação profissional, empobrecimento do grau de habilidade e qualificação dos trabalhadores, além da alta rotatividade da mão-de-obra. Estas características influem diretamente na baixa qualidade das construções brasileiras e no grande desperdício verificado no setor. Uma pesquisa revelou que, a cada metro quadrado de obra construída, são desperdiçados cerca de 270 kg de material, o que onera o custo da construção entre 3% e 8% (FIESP, 2008).

Lima (1995) relata a diferenciação nos tipos de vínculos e nas formas de remuneração existentes no setor da construção civil. Os profissionais podem ser empregados da empresa, podem ser terceirizados pela empresa, ou simplesmente autônomos. Quanto à remuneração, podem receber por hora, por semana, por empreitada, por tarefa ou salário mensal (Quadro 12). Essa heterogeneidade de tipos, assim como a ausência de uma política de cargos e carreiras, é que desestimula os trabalhadores da construção civil a se desenvolverem profissionalmente, e a se aperfeiçoarem.

TIPOS DE REMUNERAÇÃO
1- Por hora
2- Por semana
3- Por empreitada
4- Por tarefa
5- Salário Mensal

Quadro 12 – Tipos de remuneração utilizada para os profissionais da construção civil

O nível salarial da construção civil é um dos mais baixos da indústria, sendo incapaz de proporcionar condições de vida dignas ao trabalhador. Além disso, a segurança nesta atividade é precária, tornando-a uma das recordistas em número de acidentes de trabalho. As condições de trabalho nos canteiros são bastante precárias, seja pelas peculiaridades da atividade, seja pela falta de planejamento das instalações (Figura 79). Por outro lado, as condições de higiene, assistência alimentar e de saúde são também muito precárias (LIMA, 1995).



Figura 79 – Condições precárias e inseguras em canteiro de obras
www.lsht.upe.poli.br

No Brasil, existe o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), que tem a função de difundir tecnologia e preparar a mão-de-obra, e que poderia ser utilizado para a qualificação de pessoal da indústria da construção civil, fazendo com que a formação dos operários deixe de acontecer nos canteiros de obras, e evitando a perpetuação das patologias nas construções (FIESP, 2008).

A construção civil está organizada na forma de estrutura de ofícios, ou seja, cada tarefa requer uma qualificação do trabalhador, como pintor, carpinteiro, armador, azulejista, por exemplo. Este tipo de estrutura torna a permanência do trabalhador na obra muito curta, forçando-o ao deslocamento contínuo, o que gera a alta rotatividade da mão-de-obra. Além disso, esse aspecto impede a preparação adequada dos funcionários por meio de treinamentos, e restringe o conhecimento do operário sobre o funcionamento da empresa, como, por exemplo, detalhes da organização e do próprio trabalho (LIMA, 1995).

A alta rotatividade da mão-de-obra interfere na formação de vínculos do trabalhador com a empresa e no seu crescimento dentro dela, e dificulta a criação de políticas de incentivo, e a motivação e segurança no trabalho (LIMA, 1995; MELLO e AMORIM, 2009).

A falta de padronização, normatização e muitas vezes, a qualidade precária dos materiais usados na obra resultam em desperdício financeiro e de tempo (Figura 80), e prejuízo técnico para empresa e seu produto, vez que a qualidade do produto fica comprometida (LIMA, 1995).



Figura 80 – Desperdício de materiais em obra.
Fonte: FARIA (2011)

Ao contrário do que ocorre em outras indústrias com o trabalho estruturado e repetitivo, na indústria da construção civil existe uma grande variabilidade quanto a modelos, dimensões, materiais e características construtivas. A falta de padronização torna a qualidade do produto final dependente da iniciativa, do grau de interesse e mobilização do trabalhador (LIMA, 1995; MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010).

A forma como as informações são transmitidas na construção civil também favorecem a baixa qualidade dos produtos finais. A transmissão verbal das informações, das ordens, das especificações e das metas deixa, muitas vezes, dúvidas no trabalhador, que possui dificuldades de acesso aos seus superiores, o que influencia na qualidade deficiente da edificação (LIMA, 1995).

Apesar dos avanços no setor da construção civil nas últimas décadas, estes ainda não foram suficientes para o alcance dos níveis de produtividade e qualidade de outros setores da economia brasileira. Quando comparado à indústria da construção civil americana, também se percebe uma defasagem nesses níveis. Por exemplo, a produtividade na construção de residências no Brasil corresponde a 35% daquela alcançada nos Estados Unidos, na construção comercial sobe para 39% e na construção pesada chega a 51%. Ou seja, no índice máximo alcançado pelo Brasil em relação aos Estados Unidos, a produtividade fica em pouco mais da metade daquela atingida pelos americanos (FIESP, 2008).

A seguir, é apresentado um gráfico que compara a produtividade entre algumas indústrias brasileiras.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

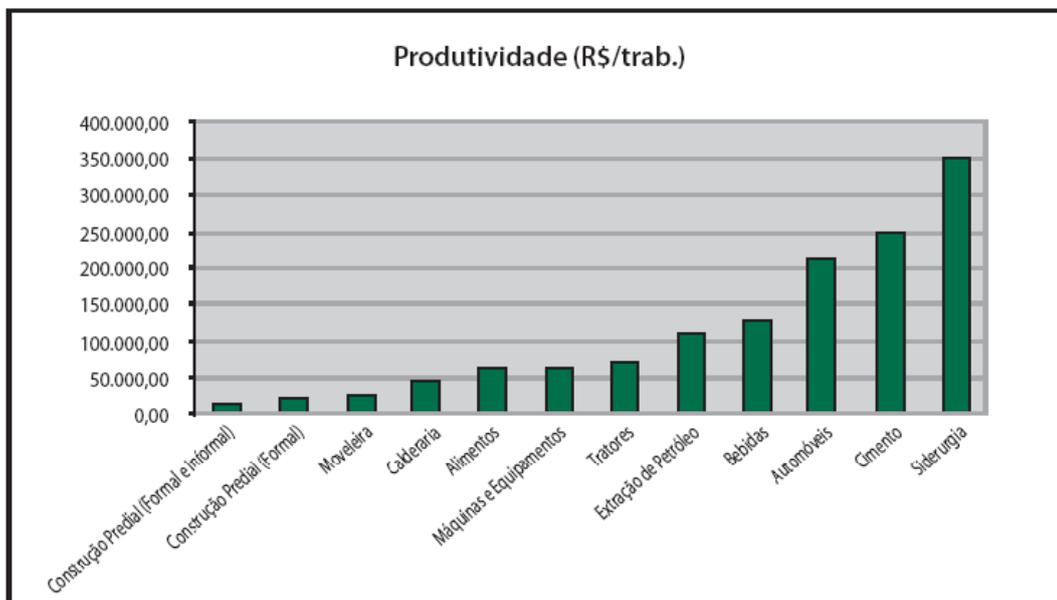


Gráfico 3 – Comparação entre as produtividades das indústrias brasileiras
Fonte: FIESP (2008), p.41

No Gráfico 3, verifica-se que, dentre as indústrias comparadas, os menores índices de produtividade são para o setor da construção civil (construção predial). Segundo FIESP (2008) e Mello e Amorim (2009), essa baixa produtividade é em função:

- da baixa qualificação dos trabalhadores;
- do pouco interesse das empresas em melhorar o nível de qualificação dos empregados;
- do pouco investimento das empresas em pesquisa e desenvolvimento;
- da insuficiência de investimentos e conhecimento das empresas em técnicas de pré-fabricação, modularização, gerenciamento e implantação de sistemas e ferramentas de TI;
- da pequena utilização de sistemas de planejamento do trabalho;
- das altas taxas de desperdício de materiais e retrabalho.

No Gráfico 4, observa-se a queda bastante significativa na produtividade da indústria da construção civil e no subsector de edificações entre o ano de 2001 e o de 2002. De 2002 em diante, observa-se um lento e progressivo crescimento, mas que não alcança os índices de 2001. Esse crescimento a partir de 2002 deve-se ao incentivo

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

de programas de treinamentos na empresas, maior conscientização do setor e iniciativas como o PBQP-H.

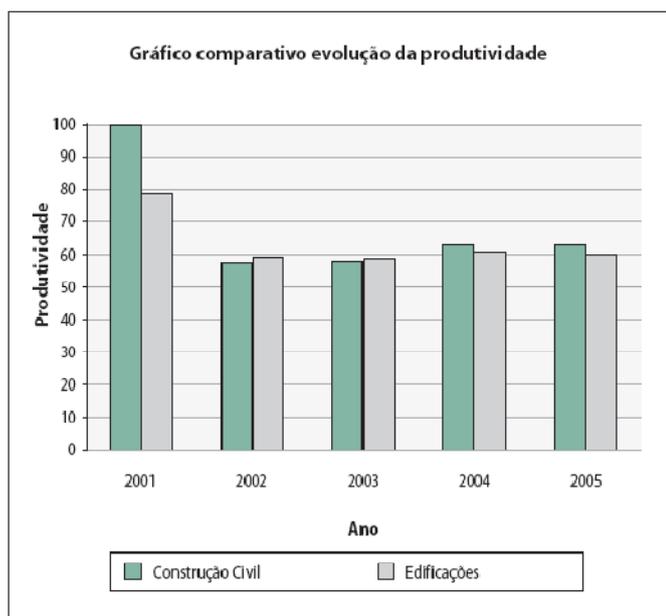


Gráfico 4 – Comparativo da evolução da produtividade da indústria da construção civil e do setor de edificações: período 2001-2005
Fonte: FIESP (2008), p.42

Este setor está pouco habituado a modificações, sendo, por isso, caracterizado como conservador e tradicional. Esta resistência ao novo ocorre devido aos riscos e incertezas às inovações tecnológicas. Na construção civil, as novas tecnologias somente passam a ser adotadas por um grande número de empresas depois de consolidadas. Outro empecilho à adoção de novas tecnologias reside na dependência do desenvolvimento de novos materiais e equipamentos para produção e na multidisciplinariedade dos projetos (FIESP, 2008; MELLO e AMORIM, 2009).

Funcionam também como obstáculos à inovação na construção civil os regulamentos internos dos órgãos financeiros, que dificultam a obtenção de crédito, e a legislação ultrapassada, que não colabora com o desenvolvimento do setor (FIESP, 2008).

A alta incidência de impostos e o sistema tributário complexo dificultam principalmente a atuação das pequenas e médias empresas, que, em geral, trabalham com contadores externos, enfrentando a duras penas as várias mudanças de tributos (FIESP, 2008).

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

Uma dado que confirma o pequeno investimento em pesquisa e desenvolvimento por parte da indústria da construção civil é o número de patentes registradas nesse setor. O Gráfico 5 indica o número de patentes por setores, classificados segundo dados do INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), onde se verifica o pequeno número de patentes concedidas para o setor de construções no período de 1990 a 1999, o que só corrobora o baixo nível tecnológico do setor.

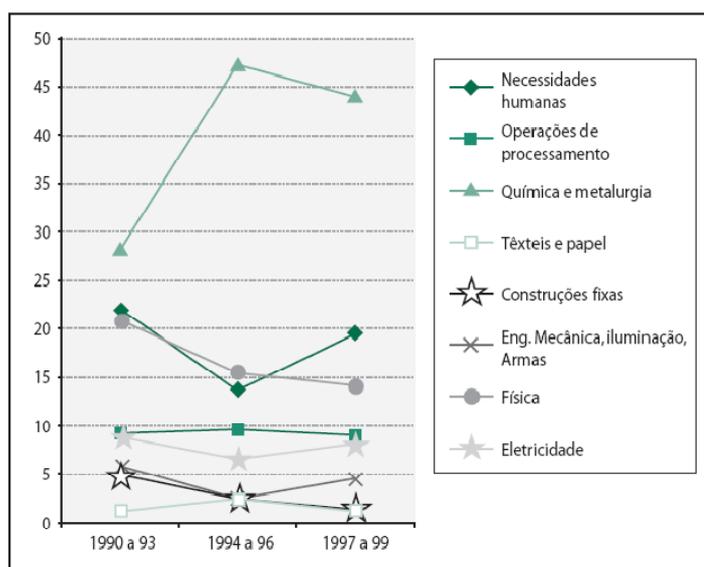


Gráfico 5 – Patentes por setores

Fonte: FIESP (2008), p.43

4.3.2.2. A construção civil europeia

Segundo o Departamento da Indústria de Construção (FIESP, 2008), a participação da indústria de construção civil no PIB dos países que compõem a União Europeia varia de 4 a 9%, apresentando as seguintes características principais:

- setor interno densamente privilegiado;
- grande número de micro e pequenas empresas, e também profissionais autônomos;
- número significativo de grandes empresas de porte internacional;
- baixo nível de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento, quando comparado ao Japão.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

Dentre os desafios a serem superados para a continuidade do desenvolvimento do setor, estão: a quantidade e diversificação de países que compõe a União Europeia, que necessitam de uma regulamentação que atenda a todos; o envelhecimento da população, que dificulta o treinamento de mão-de-obra para a construção civil; as novas regulamentações dos serviços no mercado interno e a globalização do mercado. Há ainda a entrada de novos países na União Europeia, o que tem trazido novos mercados e novas demandas para serem desenvolvidos (MELLO e AMORIM, 2009; MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010).

A construção civil europeia também vem passando por transformações devido às novas exigências advindas a partir do conceito de sustentabilidade, aos novos padrões de saúde e segurança nos processos construtivos e à introdução das Parceiras Públicas Privadas (PPP), que geraram novos padrões de financiamentos e empreendimentos (FIESP, 2008; MELLO e AMORIM, 2009; MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010).

A utilização da Tecnologia da Informação (TI) é outro fator de destaque, pois tem sido utilizada em materiais e edificações, nas comunicações com clientes, no controle das atividades, materiais e equipamentos, no suprimento de materiais e equipamentos, no uso de equipamentos de inteligência virtual, além da utilização no projeto e da construção. Para a utilização dessa tecnologia e de outras técnicas, como o *lean construction* (construção enxuta), destinadas a minizar erros, reduzir custos e prazos, e melhorar a qualidade, é necessário contar com pessoal dotado de novas qualificações (MELLO e AMORIM, 2009; MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010).

A necessidade de pessoal qualificado é uma premissa para que o setor cresça, aumentando a produtividade e a qualidade, e mantendo, assim, competitivo no mercado global. Para as grandes empresas, esta necessidade não se traduz em um problema, pois estão preparadas para vencer este desafio. No entanto, para as pequenas e médias empresas, grande maioria no setor, torna-se uma grave dificuldade, pois não possuem recursos para isso. O emprego de elementos pré-fabricados tem sido utilizado como uma das formas de alcançar estes objetivos (MELLO e AMORIM, 2009; MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010; FIESP, 2008).

Outra característica que se apresenta na construção civil europeia é a tendência à terceirização das atividades. As grandes empresas de construção civil têm se distanciado do trabalho físico da construção para se dedicarem às funções gerenciais. Como resultado disto, observa-se que, em países como a França e a Finlândia, mais de 50% do pessoal empregado na construção civil está inserido em empresas com menos de 20 funcionários (FIESP, 2008; MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010).

Um dos motivos para a terceirização é a flexibilidade que o processo oferece, facilitando a contratação, que ocorre somente quando necessário, evitando o desperdício de recursos. Outro motivo é a economia com as contribuições sociais e os benefícios. Entretanto, observa-se que a ampliação desse tipo de contratações tem levado ao aumento nos índices de acidentes e na deterioração nas condições de trabalho (FIESP, 2008; MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010).

4.3.2.3. A construção civil norte-americana

A indústria da construção civil desempenha um papel muito importante na economia norte-americana, representando em 2007, 8,47% do PIB, com cerca de 883.000 empresas, envolvidas na construção de edificações, na construção pesada e em serviços especiais. Desse total, aproximadamente 65% das companhias empregam até 4 funcionários e apenas 1% delas emprega 100 ou mais empregados. No ano de 2006, essa indústria empregou por volta de 7,7 milhões de indivíduos e atuou com mais 1,9 milhão de autônomos (FIESP, 2008; MELLO e AMORIM, 2009).

No âmbito mundial, a construção civil norte-americana é responsável por 22% da produção total (MELLO e AMORIM, 2009).

Uma característica da indústria da construção civil norte-americana reside na sua estreita correlação com os ciclos econômicos (taxas de juros e legislação fiscal) e com os regulamentos do setor público do país, dependendo deles para o seu crescimento ou estagnação (FIESP, 2008). Prova disso foi a crise econômica

iniciada nos Estados Unidos em meados de 2008, na qual os financiamentos hipotecários sofreram grande índice de inadimplência, o que levou à diminuição de créditos para o setor e afetou o desenvolvimento da construção civil americana.

Outro fator que vem sendo observado nesse país é a redução de pessoal qualificado para o trabalho no setor. Com a diminuição dos salários, e a imagem que a construção civil vem criando de si, reduziu-se bastante a quantidade e a qualidade do pessoal atraído para trabalhar no setor (FIESP, 2008).

Outra transformação é o aumento no número de subcontratações, antes voltadas somente para serviços especializados, e a intensificação de mão-de-obra não sindicalizada, ou seja, operários que desfrutam de menos benefícios sociais (FIESP, 2008).

Uma saída encontrada pelos Estados Unidos para driblar contornar esses obstáculos foi o incremento na mecanização, com vistas a suprir a diminuição de pessoal qualificado e aumentar a produtividade, assim como a intensificação do uso de conjuntos pré-fabricados. Cabe ressaltar que o uso desses “artifícios” (tecnologias) não dispensa o uso de mão-de-obra qualificada (MELLO e AMORIM, 2009; FIESP, 2008).

Apesar da posição privilegiada em que se encontra a construção civil norte-americana, sob o ponto de vista tecnológico, em relação a muitos outros países, nas duas últimas décadas o seu desenvolvimento ficou aquém do verificado em outros setores da economia americana (FIESP, 2008).

4.3.2.4. Comparativo entre os sistemas de construção civil brasileiro, europeu e norte-americano

Conforme apresentado anteriormente, o setor da construção civil no Brasil, Estados Unidos e União Europeia apresentam algumas similaridades, muito embora exista uma grande diferença verificada no faturamento desse setor, como pode ser observado no Quadro 13. Dentre essas semelhanças, pode-se citar:

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

- setor formado por pequenas e médias empresas;
- a maioria das empresas possui problemas relacionados à qualificação da mão-de-obra;
- possuem deficiências em relação à segurança do trabalho;
- setor que mais emprega.

INDICADORES	BRASIL	ESTADOS UNIDOS	UNIÃO EUROPEIA
Faturamento	US\$ 40,98 bilhões	US\$ 475,6 bilhões	US\$ 710 bilhões
Número de empresas (2)	105.459	818.000	807.100
Faturamento médio	US\$ 388.590	US\$ 581.420	US\$ 879.690
Pessoal empregado	1.550.000 (2)	7.689.000 (3)	4.519.000 (5)
Produtividade média (US\$/trabalhador)	US\$ 6.177,76/trab.	US\$ 41.528,00/trab.	US\$ 31.247,44/trab.
Número de engenheiros e gerentes (5)	125.420	623.000	550.530
Engenheiros/MO total	2,4%	6,5%	12,2%
Tempo de formação de pessoal de nível superior	5 anos (5)	5 anos (5)	5-7 anos (4)
Tempo de formação de pessoal de nível médio	2-3 anos (1)	3 anos (5)	2-3 anos (4)
N. de normas técnicas para Construção Civil (5)	938	Não disponível	1733
Prazo médio de obras de edificação	30 meses	10 meses	14,3 meses
Prazo médio de licenciamento	66 dias	30 dias	44 dias

Quadro 13 - Comparativo de indicadores da construção civil brasileira, europeia e americana

(1) Dados de 1999

(2) Dados de 2005

(3) Dados de 2006

(4) Dados de 2007

(5) Dados de 2008

Fonte: Adaptado de FIESP, 2008

Observando-se os dados do Quadro 13, verifica-se que as empresas norte-americanas faturam, em média, 50% a mais que as brasileiras. Quando comparamos com as europeias, este índice aumenta ainda mais, já que estas empresas faturam mais que 125% que as brasileiras. A discrepância entre os setores pode ser mais bem percebida, quando é comparada a produtividade média dos trabalhadores em cada país.

Quando se compara a produtividade média dos operários da construção civil no Brasil com os trabalhadores da Europa e Estados Unidos, é que se confirma o quanto este setor brasileiro encontra-se defasado em relação às possibilidades existentes no mundo. Como se pode observar, os Estados Unidos possuem o melhor índice de produtividade, quando a Europa alcança 75% desse valor, e o Brasil atinge apenas 15% dessa produtividade.

Outro índice que revela o quanto a indústria da construção civil brasileira ainda pode avançar é o prazo médio para a execução de obras de edificação. Mais uma vez, as empresas norte-americanas contam o com melhor índice, ficando o Brasil com um prazo de execução 3 vezes maior que o prazo americano, e 2 vezes maior que o europeu. Seguindo essa mesma tendência, está o prazo médio de licenciamento de obras, que, no Brasil, corresponde ao dobro do norte-americano, e 50% maior que o europeu.

4.3.3. Segmento Profissional

O segmento profissional tem por função propor soluções para que se avance no desenvolvimento do setor da construção civil. Este segmento agrega os Conselhos Profissionais (CREAs), as Associações de Classe (IABs, SENGE, SINAENCO, ASBEA), as Universidades e Institutos de Ensino e os Institutos de Pesquisa. Além destes, também se encaixam neste segmento os movimentos sociais e a sociedade civil organizada (Figura 81).



Figura 81 – Agentes do segmento profissional

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

As universidades e os institutos de ensino e pesquisa têm por função a formação e o aprimoramento dos profissionais da área de construção civil. Além disso, e quiçá até exercendo uma tarefa ainda mais importante, deve promover o fomento de novas ideias e novos materiais para o setor, a proposta de políticas públicas, técnicas de gerenciamento e controle, e novas tecnologias produtivas, por meio de projetos debatidos com os segmentos público e produtivo para a melhoria do setor.

O Sistema Confea/Crea (Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia/Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) foi criado pelo Decreto Federal nº 23.569 de 11 de Dezembro de 1933 (UM SENHOR, 2009).

O Sistema Confea/Crea é responsável pela normatização e fiscalização do exercício profissional da área tecnológica – engenheiros, arquitetos, agrônomos, geógrafos, geólogos, meteorologistas, tecnólogos dessas modalidades, técnicos industriais e agrícolas e suas especializações. São mais de 900 mil profissionais registrados no Conselho, em todo o Brasil, e, graças a seus inúmeros grupos de trabalho, a instituição está presente em 90% das atividades produtivas nacionais, sendo reconhecida como a maior organização classista do mundo (CONFEEA, 2009).

O órgão regulamenta o exercício profissional por meio do cadastro dos profissionais, e fiscaliza o exercício dessas profissões, de modo a que as obras e os serviços sejam realizados por profissionais habilitados. No entanto, esta fiscalização se resume à exigência de documentos e à quitação das taxas necessárias, tais como anuidades, vistos e ARTs (anotação de responsabilidade técnica), o que não garante a qualidade com que esses serviços estão sendo prestados e nem a segurança das construções.

Além da vertente política que vem sombreando o seu caráter regulador do setor da construção civil, o CREA possui um aspecto cartorial, que o leva a preocupar-se mais com o profissional do que com o setor.

Conforme informado na Revista do Confea, os CREAs têm participação na discussão de temas nacionais, por meio do programa de Fóruns Temáticos da CAN – Comissão de Assuntos Nacionais, que já foi responsável pela discussão de temas como, por exemplo, o Estatuto das Cidades, o Código Florestal, Crises Energéticas e Transposição das Águas do Rio São Francisco (CIÊNCIA, 2009).

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

De acordo com a Revista do Confea (CIÊNCIA, 2009), o principal desafio do sistema é “promover uma cidade com políticas públicas e de governo que resultem em maior justiça social. Priorizando a preocupação com o cidadão, o respeito às questões ambientais e a possibilidade de crescimento econômico.”

Segundo o CREA-ES, são realizadas constantes reuniões com gestores públicos a fim de orientar e propor soluções para garantir a segurança nas edificações. Uma das iniciativas do órgão foi o envio de uma minuta de Projeto de Lei a todas as prefeituras municipais do Espírito Santo, dispendo sobre a obrigatoriedade de um Parecer Técnico de Vistoria das Edificações. Este parecer seria emitido no quinto ano após a liberação do “Habite-se”, e em edificações residenciais, comerciais, institucionais ou industriais acima de 3 pavimentos e/ou 900 m² (CONSELHO, 2009).

Além desse parecer, está contemplada, nesta minuta, a obrigatoriedade de apresentação de uma “Declaração para Certificação de Conclusão de Obras” e o “Certificado de Controle Tecnológico e Garantia da Qualidade das Estruturas”, conforme itens das ABNT NBR 6118:2007 (Projeto de estruturas de concreto - Procedimento) e ABNT NBR 12655:2006 (Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento). Ainda nesta minuta de Projeto de Lei, há a exigência de apresentação à prefeitura do Termo de Recebimento do Manual do Condomínio e do Manual do Usuário, assim como de todos os projetos do edifício. Essa iniciativa visa a auxiliar aos municípios a cumprirem o seu papel de reguladores e fiscalizadores da ocupação e uso do solo urbano (CONSELHO, 2009).

Outra iniciativa desenvolvida pelo CREA, no Estado do Rio de Janeiro, foi uma parceria com uma faculdade privada da cidade de Itaperuna (RJ), para que, durante aulas ministradas na instituição, fossem transmitidos conceitos do direito que versavam sobre a área da engenharia civil, assim como noções acerca da elaboração de contratos, responsabilidade civil e licitações (FREITAS, 2007).

Uma característica do setor da construção civil brasileira é a falta de normatização técnica, pois as normas existentes se concentram na prescrição e não no desempenho (FIESP, 2008). Essa característica, muito provavelmente, decorre da participação restrita do segmento profissional na elaboração dessas normas.

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

Para melhor compreensão, as normas podem ser divididas em dois tipos: legais e técnicas. As normas legais são aquelas obrigatórias, englobando legislação e regulamentos advindos dos setores governamentais e de autarquias profissionais. Dividem-se em normas de direito privado (direito civil), que regulam as relações entre particulares, e normas de direito público (direito de construir, administrativo e urbanístico), que defendem os interesses da coletividade e encontram-se nos 3 âmbitos do segmento público (federal, estadual e municipal) (Figura 82). O seu processo de elaboração e aprovação passa pelo processo legislativo (FIESP, 2008).

As normas técnicas não possuem caráter obrigatório, mas sim prescritivo, e englobam as normas brasileiras e outras referências, que podem ser nacionais ou estrangeiras. Elas possuem a finalidade de aperfeiçoar a qualidade das construções, seja do ponto de vista construtivo ou econômico. Estas indicações técnico-científicas têm o objetivo de uniformizar critérios para construções de qualidade, e são elaboradas por entidades especializadas; no caso do Brasil a responsável é a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (FIESP, 2008).

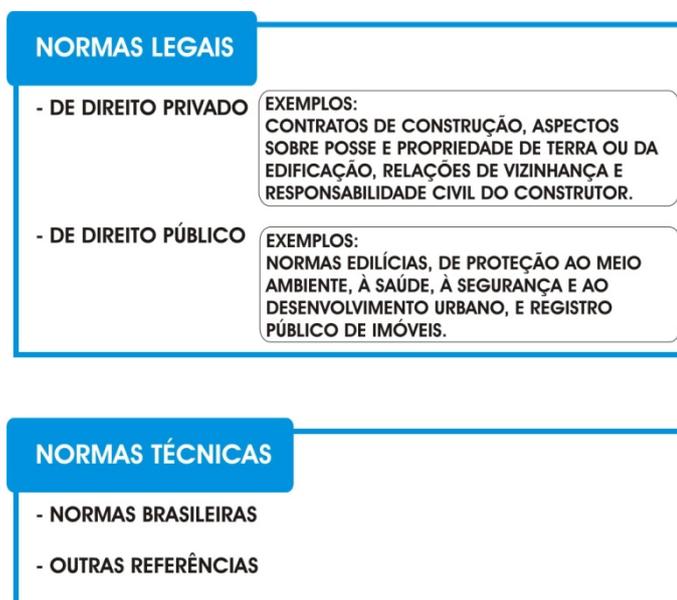


Figura 82 – Normas legais e técnicas

Apesar das dificuldades estruturais e financeiras, diversas universidades públicas do país têm investido no desenvolvimento de pesquisas que contribuam para a melhoria do setor da construção civil. A seguir, insere-se um quadro onde constam

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

algumas dessas universidades e a área na qual estas vêm desenvolvendo pesquisas.

UNIVERSIDADE		LINHA DE PESQUISA
UFES	Nexes – Núcleo de Excelência em Escórias Siderúrgicas	Escória de alto-forno
	Centro Tecnológico	Resíduo de rochas ornamentais
	Nexem – Núcleo de Excelência em Estruturas Metálicas e Mistas	Estruturas metálicas
USP	Departamento de Engenharia de Alimentos – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos	Cinzas de resíduos agroindustriais
USP	Escola de Engenharia de São Carlos	Elementos pré-fabricados em concreto
	Escola de Engenharia de São Carlos	Cinzas da casca da castanha de caju
	Escola de Engenharia de São Carlos	Resíduos de recauchutagem de pneus para uso em pavimentos intertravados
USP	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da Escola Politécnica	Qualidade de projeto Racionalização da construção
UFSC	Núcleo de Pesquisa em Construção – Laboratório ValoRes Valorização Resíduos & Materiais	Cimento de baixo impacto ambiental
UFRGS	Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil	Uso de fibras recicladas de garrafas PET
	Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil	Estudo da cinza da casca de arroz

Quadro 14 - Pesquisas em universidades federais na área de construção civil (do sul e sudeste)

A indústria da construção civil é considerada uma das maiores consumidoras de recursos naturais do planeta. Diante deste fato é que se observa uma tendência em pesquisas dentro das universidades que incentivam o uso de resíduos como alternativa ao consumo dos recursos naturais de fontes não renováveis. Além dos aspectos ambientais, que contribuem para um desenvolvimento cada vez mais sustentável, a utilização desses resíduos também possui viabilidade econômica e técnica.

Além de ser uma grande consumidora de materiais, a construção civil também é uma grande geradora de resíduos, seja por meio do desperdício provocado pela

falta de planejamento e racionalização, ou como subproduto de seus processos (FIORITI *et al.*, 2006).

A Universidade de São Paulo (USP) tem desenvolvido um estudo sobre a possibilidade de utilização das cinzas com características pozolânicas, provenientes da queima de resíduos agroindustriais, tais como casca de arroz e bagaço de cana-de-açúcar. Essas cinzas poderiam ser utilizadas em substituição parcial ao cimento Portland, como adições minerais. Uma das vantagens reside na obtenção de um cimento menos prejudicial ao meio ambiente e economicamente mais viável (KAWABATA *et al.*, 2006).

Seguindo este mesmo tema, a Universidade de São Paulo de São Carlos tem realizado pesquisa com as cinzas da casca da castanha de caju (Figura 83), um resíduo também agroindustrial, da produção de amêndoas de caju, utilizado como adição mineral em matrizes cimentícias. A adição de pozolanas em concretos e argamassas melhora a resistência mecânica e a durabilidade (LIMA e ROSSIGNOLO, 2008).



Figura 83 – Cascas da castanha de caju, fruto do processo de separação da amêndoa da casca.
Fonte: LIMA e ROSSIGNOLO (2008)

Ainda no tema do uso de cinzas para a produção de materiais para construção civil, vale destacar a atuação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O Rio Grande do Sul, por ser o maior produtor de arroz no Brasil, gera o maior volume de cascas de arroz. A grande quantidade de resíduos gerados por essa produção despertou a conscientização para a necessidade de aproveitamento (TORRES *et al.*, 2008).

Esse resíduo é classificado como uma pozolana artificial, que pode ser utilizada na construção civil. As adições minerais, além de melhorarem as características do material, resultam em economia no uso do cimento. As cinzas de casca de arroz possuem características muito peculiares, que as tornam uma pozolana de ótima qualidade (TORRES *et al.*, 2008).

A UFRGS ainda promove pesquisas sobre a análise das propriedades mecânicas das fibras recicladas de garrafas PET para a utilização em concretos reforçados com fibras (Figura 84).

A adição de fibras na matriz do concreto melhora diversas propriedades do material, tais como tenacidade, resistência ao impacto e tração. Fibras como as de vidro e a de aço já são comumente utilizadas para essa função, mas as fibras recicladas de garrafas PET surgem como uma possibilidade viável do ponto de vista econômico e ambiental (RIZZON *et al.*, 2008).



Figura 84 – (a) Fardos de PET prensados e (b) aspecto geral da fibra PET.
Fonte: RIZZON *et al.* (2008)

Na Universidade de São Paulo, em São Carlos, são desenvolvidas algumas pesquisas relacionadas à área do concreto pré-fabricado, desde o estudo das peças pré-fabricadas até o aproveitamento dos resíduos da produção dessas peças.

O uso de resíduos da fabricação de artefatos pré-fabricados de concreto como agregados reciclados possui como principal vantagem a desnecessidade de separação entre o concreto e os outros elementos, como acontece com outros resíduos. Isto porque todo o resíduo é proveniente basicamente de rejeitos de

concreto, facilitando assim o seu uso, e garantindo maior qualidade e homogeneidade (BUTTNER *et al.*, 2006).

Para a utilização como agregados em blocos estruturais de concreto, já foram avaliados critérios para a incorporação do resíduo na mistura, como a não utilização da fração miúda do material, a pré-saturação do agregado antes da mistura, e a ordem de colocação dos materiais, de modo a garantir as propriedades mecânicas do concreto (BUTTNER *et al.*, 2006).

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) possui um Núcleo de Excelência em Escórias Siderúrgicas (NEXES), que promove o estudo de resíduos do processo de produção do aço, como, por exemplo, a escória de alto-forno.

O aumento do uso da escória de alto-forno, em substituição ao clínquer na composição do cimento, traz vários benefícios ao meio ambiente, dentre os quais: a diminuição da emissão de gases que causam o efeito estufa, gerados pela calcinação do calcário (que varia de 0,8 a 1,2 tonelada de CO₂ por tonelada de clínquer); redução no uso de combustíveis fósseis nos fornos (economia de 90 kg de óleo combustível em cada tonelada de cimento produzido, em relação à fabricação do cimento Portland comum); aproveitamento de coprodutos da indústria siderúrgica, deixando de ocupar grandes áreas para armazenamento; preservação dos recursos naturais, graças ao aumento da vida útil das jazidas de calcário, com a redução da poluição atmosférica local e da perda de biodiversidade; e conservação do solo e ecossistemas prejudicados por esta exploração (MCT, 2007; COELHO *et al.*, 2006).

Segundo Bardella *et al.* (2007) o emprego de adições minerais no concreto, tais como escória granulada de alto-forno e sílica ativa, são viáveis, pois apresenta um custo reduzido, e possibilita o aumento da resistência mecânica e da durabilidade dos concretos. Além disso, permite o reaproveitamento de subprodutos industriais poluentes, fabricados em grandes quantidades, tais como a escória e a sílica ativa.

A UFES pesquisa ainda a utilização de resíduos de serragem de rochas ornamentais (mármore e granito) na produção de materiais de construção, como blocos pré-moldados, vez que tais resíduos são muito abundantes no Brasil, que é o quinto maior produtor de rochas ornamentais do mundo (Figura 85). Esses resíduos são

provenientes do corte do bloco de pedra em chapas, pelo uso de polpa abrasiva, uma mistura de água, granalha de aço, cal e rocha moída. Existem outras pesquisas que estudam o uso desse resíduo em tijolos cerâmicos, peças cerâmicas e até concreto (MOURA *et al.*, 2006).



Figura 85 – (a) Resíduos de serragem de rochas ornamentais em pátio de empresa e (b) blocos produzidos com este tipo de resíduo.

Fonte: MOURA *et al.* (2006)

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) tem buscado a produção de um cimento de baixo impacto ambiental (BIA), por meio da substituição total da gipsita natural por fosfogesso e da inversão das quantidades frequentemente utilizadas nos cimentos, de clínquer e gipsita, diminuindo ao máximo a quantidade de clínquer empregada e aumentando a quantidade de fosfogesso.

O fosfogesso é um coproduto gerado pelas indústrias de produção de ácido fosfórico, na fabricação de fertilizantes fosfatados, e de bastante disponibilidade no Brasil. Esse coproduto pode substituir completamente a gipsita natural no cimento Portland, embora tal substituição correspondesse a apenas 5%, o que não traria muitos ganhos. Por isso, a pesquisa investiga a utilização de um cimento que demande maior adição de gipsita, caso do cimento sulfo-aluminoso, produzido apenas na China, onde esta adição fica entre 15 e 25% (LUZ *et al.*, 2005).

Além disso, a pesquisa verifica a possibilidade de inverter as quantidades de clínquer e fosfogesso na composição do cimento, visando aumentar o consumo do coproduto. Nesse estudo, a quantidade de clínquer variou entre 5 e 30% e a de fosfogesso, entre 70 e 95%. Foram realizados ensaios de resistência mecânica e de durabilidade, e os resultados se mostraram satisfatórios. Uma outra vantagem

consiste no fato de que o aumento da quantidade de gipsita se traduz em um menor consumo de energia e emissão de CO₂ no processo de produção do cimento (LUZ *et al.*, 2005).

Observa-se que cada escola se dedica a temas relacionados à vocação da região na qual está inserida, ou seja, às atividades que já estão desenvolvidas neste local. No entanto, poucas pesquisas encontram aplicação direta no mercado da construção civil, não por serem elas irrelevantes, mas talvez devido à falta de incentivo à sua utilização.

Um exemplo desse incentivo é fornecido pelo Instituto Uniemp (Universidade Empresa), que promove o intercâmbio entre os segmentos público, produtivo e profissional. Esse instituto foi criado em 1992, como uma associação civil sem fins lucrativos, com o objetivo de promover o intercâmbio de informações entre os segmentos – empresas, órgãos públicos e universidades – transformando o conhecimento em valor sócio-econômico.

Uma das formas de atuação é a seguinte: o instituto seleciona, dentre as universidades participantes, aquela que melhor atenda à necessidade de uma empresa, seja para o desenvolvimento de uma pesquisa em laboratório ou de um novo produto, e essa universidade receberá em troca, por exemplo, bolsas de estudos para esse trabalho. Além disso, o instituto promove debates, cursos e seminários com o intuito de fomentar novas idéias (INSTITUTO, 2009).

Institutos como o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) promovem encontros para disseminar os conhecimentos gerados pelos pesquisadores em universidades. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) elabora diversas pesquisas na área da construção civil, tais como o estudo das rochas e madeiras para o uso no setor.

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), também contribui neste cenário, com a promoção de seminários sobre temas voltados para a construção civil, tais como: “Construção Sustentável com Concreto” e “Pré-fabricação: contexto habitacional e sustentabilidade”.

A omissão ou pouca participação das instituições que não colaboram, não motivam o segmento público a implementar mudanças, e tampouco propõem soluções, faz

CAPÍTULO 4 – ENTRAVES PARA A INDUSTRIALIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

com que o setor se desenvolva aquém do seu potencial. A omissão da sociedade organizada, refletida na falta de cobrança e fiscalização, permite que os segmentos público e produtivo atuem de qualquer forma.

CAPÍTULO 5

A PRÉ-FABRICAÇÃO COMO SOLUÇÃO

5. A PRÉ-FABRICAÇÃO COMO UMA SOLUÇÃO

Neste capítulo, a partir da bibliografia analisada, são propostas ações que viabilizem a ampliação do uso de sistemas pré-fabricados em concreto.

Os processos industrializados, como, por exemplo, o de pré-fabricação em concreto, podem contribuir de forma decisiva para a reorganização e controle do processo construtivo como um todo, apesar de todos os entraves verificados na indústria de construção civil para a melhoria da sua gestão.

Essa contribuição somente será efetiva se aliada a outras medidas específicas, do tipo: políticas públicas, desenvolvimento sustentável e qualidade e preço do produto final. Com efeito, não basta oferecer um sistema construtivo de qualidade, se ele não proporcionar a viabilidade econômica.

Além das vantagens do uso da pré-fabricação do ponto de vista técnico, tais como a racionalização do uso de materiais e menor tempo de execução, existem também aquelas ligadas à esfera social. Essas, além de sua capacidade de redução dos custos da obra, geram benefícios para toda a sociedade, pois o desenvolvimento do sistema construtivo no interior de uma indústria possibilita que a mão-de-obra seja amparada, com local apropriado e inspecionado para o trabalho, melhorando, assim, as condições de trabalho, e diminuindo os riscos de acidentes laborais.

5.1. POLÍTICAS PÚBLICAS

A implementação de políticas públicas em favor de sistemas construtivos industrializados pode exercer uma enorme influência sobre a ampliação do uso de sistemas pré-fabricados em concreto. Para tanto, o segmento público deve criar meios e, instrumentos, por exemplo, para restringir o uso de sistemas construtivos que não prezem pela qualidade e pela preservação do meio-ambiente.

Uma proposta de política pública que poderia ser implantada para a melhoria da qualidade no setor da construção civil seria a criação de um Plano Diretor Municipal

da Execução, que definiria as características dos sistemas construtivos mais adequados a cada região da cidade. Esse tipo de medida evitaria que o segmento produtivo da construção civil utilizasse sistemas construtivos inadequados a determinadas regiões da cidade, permitindo-lhe o uso de sistemas mais apropriados, e trazendo benefícios para a sociedade de uma maneira geral.

Atualmente, os Planos Diretores Municipais (PDM) no Brasil separam as regiões da cidade em zonas que são agrupadas por características semelhantes ou vocações (Figura 86).

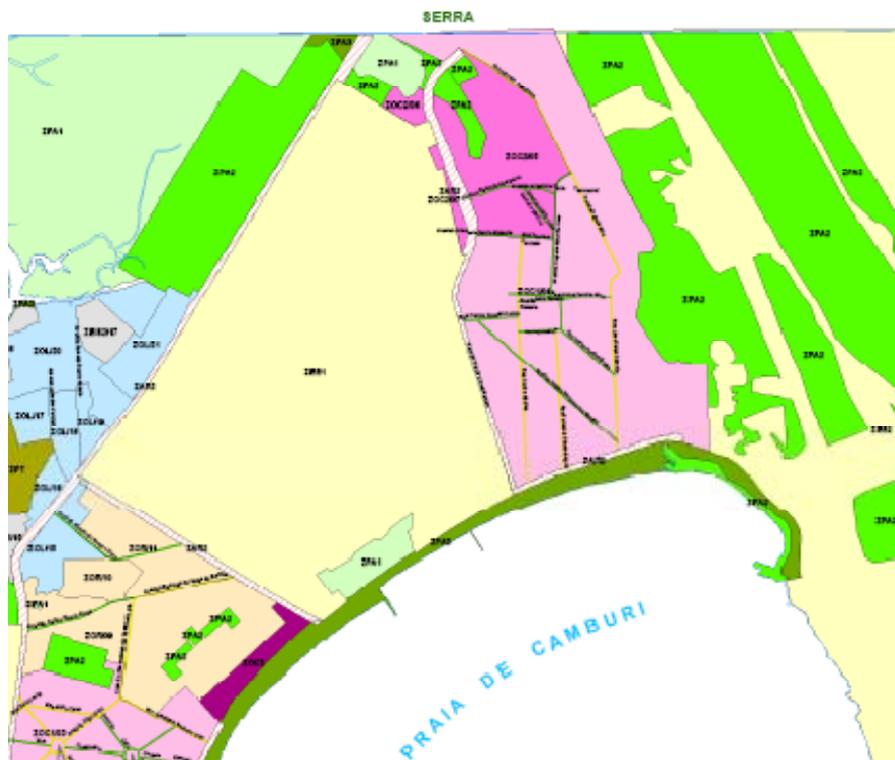


Figura 86 - Parte do Mapa de Zoneamento da cidade de Vitória, definido no PDM.
Fonte: VITÓRIA (2009)

A partir da definição dessas zonas, são elencados diversos parâmetros para a construção nessa região, assim como o tipo de uso que se pode instalar neste local: residencial, comercial, institucional ou industrial. Dentre os principais parâmetros, estão os seguintes:

- Coeficiente de aproveitamento: índice urbanístico que define a área máxima a ser construída em um lote;
- Taxa de ocupação: percentual da área do lote que pode ser ocupado pela área de projeção da edificação;

- Taxa de permeabilidade: percentual da área do lote que deve ser mantida permeável, a fim de permitir o escoamento das águas de chuva;
- Gabarito: altura máxima, expressa pelo número máximo de pavimentos de uma edificação;
- Altura da edificação: distância entre o ponto mais elevado da fachada principal e o plano horizontal do alinhamento;
- Afastamentos frontal, lateral e de fundos: distâncias mínimas da edificação às divisas do lote.

Por outro lado, no que tange aos sistemas construtivos adequados a cada zona, os PDMs são omissos. Pode-se construir com qualquer sistema construtivo em qualquer zona, desde que os parâmetros exigidos, que não consideram o sistema construtivo a ser utilizado, sejam obedecidos. Isso faz com que se instalem nas cidades, em zonas onde o PDM permite somente o uso residencial, por exemplo, diversas indústrias de construção, que funcionarão, em média, de 3 a 5 anos, causando transtornos à rotina da população, seja ocasionando complicações no trânsito, ou pela geração de poluição do ar ou sonora, ou ainda causando danos às edificações vizinhas existentes (Figura 87).



Figura 87 - Exemplo de canteiro de obras com utilização de bate-estacas
Fonte: Arquivo pessoal

Uma alternativa para solucionar este problema, trazendo melhor qualidade para os habitantes das grandes cidades, seria a criação desse Plano Diretor Municipal da Execução, que contemple os sistemas construtivos adequados a cada região. Nesse

plano, as regiões da cidade poderiam ser agrupadas de acordo com o seu grau de adensamento. Quanto mais alta a densidade do local, mais restritivo deveria ser o sistema construtivo executado no local.

Além disso, deveriam ser criados parâmetros para a entrega de materiais em áreas densamente ocupadas. Por exemplo, grandes entregas, que necessitem de veículos maiores, deveriam ser permitidas apenas em horários durante os quais o trânsito não pudesse ser prejudicado.

Para que esse plano seja implementado, as prefeituras municipais teriam que ampliar suas exigências para a emissão da licença de construção, promovendo mudanças, ou melhor, a ampliação e qualificação de seu quadro de pessoal. Os profissionais das áreas de arquitetura e engenharia também deveriam se ajustar às mudanças, com a disponibilização de mais informações em seus projetos, e com o detalhamento das soluções adotadas que indiquem o sistema construtivo adotado.

Atualmente, grande parte das prefeituras brasileiras, se não todas, exige, para a liberação da licença de construção, a apresentação e aprovação dos projetos arquitetônico e hidrossanitário, e, em alguns casos, o projeto de incêndio, e estes em nível de anteprojeto. Esses projetos não costumam disponibilizar informações suficientes para a avaliação do impacto da implantação dessas edificações em cada região.

Certos PDMs até dispõem de instrumentos para avaliar alguns desses impactos causados pela edificação, como o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), o Relatório de Impacto Urbanístico (RIU), ou o Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA), embora nenhum deles verse sobre o aspecto construtivo, mas somente sobre os aspectos urbanístico e ambiental. Daí a necessidade de ampliação das exigências nos PDMs, para a obtenção de sistemas construtivos mais adequados a cada região.

O PDM da Execução adotaria parâmetros definidos para os itens fundação e superestrutura, que deveriam ser seguidos para fins de obtenção de uma licença de construção. Para o item fundação, por exemplo, seriam elencadas as características do tipo de fundação que não poderia ser utilizada naquela região. Para locais densamente ocupados, deveriam ser restritos os tipos de fundação que causem vibração, por exemplo.

Um critério a ser adotado pode ser o de área de influência que este tipo de fundação irá abranger. Por exemplo, para fundações que causem vibração, que podem prejudicar as edificações existentes, pode ser estipulado um raio mínimo onde não existam construções, para que possa ser utilizado um sistema por vibração.

Para locais de intenso tráfego de veículos, pode ser proposto um sistema que não demande grande número de veículos pesados no canteiro.

Um meio de adequar e estruturar paulatinamente tanto os órgãos públicos, quanto os profissionais envolvidos, com vistas à implantação de um PDM da Execução, seria a criação de um Relatório de Impacto do Sistema Construtivo (RISC), no qual seriam descritos os sistemas construtivos utilizados em determinada construção e os impactos causados por ele na sua área de instalação, tal como já ocorre com os RIUs e RIMAs.

O parâmetro para a exigência desse relatório pode seguir a mesma linha já adotada pelos outros relatórios, que é o porte da edificação, medido por meio da área vinculada à atividade desenvolvida. O conteúdo deste documento, além da descrição dos processos construtivos a serem utilizados, deve abranger os possíveis impactos causados por eles e a forma de execução que será adotada para aquela obra (com cronogramas etc.).

Uma outra forma de ampliar o uso de sistemas pré-fabricados em concreto seria a criação de exigências, nos PDMs, quanto à observância de critérios de sustentabilidade. Os atuais planos deveriam incluir, dentre as exigências para a construção de edifícios, todos os itens que tornem a edificação menos agressiva ao meio-ambiente, e, via de consequência, mais sustentável.

Nesse âmbito, já existem as certificações ambientais de edificações, como LEED, Aqua e Procel Edifica (Figura 88), que atestam o grau de sustentabilidade de um edifício, embora sua obtenção não seja obrigatória. No entanto, essas certificações ainda funcionam mais como uma ferramenta de propaganda para o edifício, e não refletem uma real preocupação com o meio-ambiente.



Figura 88 – Certificações ambientais utilizadas no Brasil: LEED, Aqua e Procel Edifica.

Outra política pública que poderia ampliar o uso de elementos pré-fabricados é a redução do IPI (imposto sobre produtos industrializados) para este tipo de produto. Com a redução desse imposto, e o conseqüente aumento na utilização dos produtos industrializados na construção, seria ampliada a quantidade de indústrias dedicadas a este segmento, havendo, assim, um aumento no número de vagas de trabalho nas indústrias.

Assim, boa parcela dos trabalhadores da construção civil que, hoje, se encontra precariamente instalada em canteiros de obras, muitas vezes improvisados, teria direito a um local protegido das intempéries, com instalações fixas e permanentes adequadas, tais como refeitórios e banheiros, contando, ainda, com uma maior segurança, por meio do uso de equipamentos de proteção individual e equipamentos de segurança, sob a supervisão e orientação de profissionais habilitados.

Além dos benefícios diretos, devem ser levados em consideração os benefícios sociais e os morais. Com um local de trabalho permanente, o meio de transporte utilizado pelo operário também será facilitado, já que o trabalhador irá se deslocar todos os dias para o mesmo lugar. Esse indivíduo passa a ter também mais possibilidades de fazer um planejamento de sua vida pessoal, em função de um local fixo de trabalho.

Com a implantação dessas mudanças, o número de operários no canteiro de obras seria reduzido, visto que este local seria utilizado somente para a montagem da construção, e não para a fabricação de todas as suas partes (Figura 89).



Figura 89 - Exemplo de canteiro de obras com utilização de sistema pré-fabricado em concreto
Fonte: FEBE (2009)

Todos esses fatores repercutem em menores riscos de trabalho, e assim, menor número de acidentes de trabalho. A diminuição no número de acidentes de trabalho também reduz os gastos para a empresa, vez que ela não precisará arcar com os custos ligados à interrupção das atividades de um funcionário, e ao treinamento de outro para ocupar aquela vaga. Além disso, esses fatores também trarão a diminuição na rotatividade de funcionários da empresa, pois permitirá maior estabilidade.

Essas mudanças também podem trazer mais oportunidades de crescimento e aperfeiçoamento dos profissionais da construção, traduzindo-se em uma melhoria na qualidade das obras.

Cada segmento tem sua responsabilidade neste processo de melhoria da qualidade da construção brasileira. A seguir, apresenta-se um quadro onde são resumidas as propostas para ampliação do uso de sistemas pré-fabricados em concreto, no que tange ao aspecto das políticas públicas.

PROPOSTAS PROJETOS	OBJETIVOS	RESPONSABILIDADES		
		PÚBLICO	PRODUTIVO	PROFISSIONAL
Redução do IPI	Reduzir o IPI dos produtos industrializados em concreto para torná-los mais competitivos no mercado	Implementar a redução do IPI, através de leis e/ou decretos	Produzir mais produtos industrializados com o imposto reduzido	Conhecer e utilizar os produtos industrializados
PDM da Execução	Fiscalizar e adequar os tipos de sistemas construtivos implantados em cada região da cidade	Criar instrumentos legais para implementar o PDM da Execução e fiscalizar seu cumprimento	Se adequar as novas exigências de execução	Adequar-se às novas exigências de projeto
RISC	Proporcionar a preparação do setor público e do profissional para adequação às exigências do PDM da Execução	Instituir o RISC e fiscalizar seu cumprimento	Propor soluções de sistemas que atendam ao exigido no relatório	Capacitar-se para atender às exigências do relatório

Quadro 15 – Propostas de políticas públicas visando à ampliação do uso de sistemas construtivos pré-fabricados em concreto

5.2. SUSTENTABILIDADE NA PRÉ-FABRICAÇÃO EM CONCRETO

Outro ponto muito importante para o incentivo e ampliação do uso de sistemas pré-fabricados em concreto diz respeito às características inerentes a este sistema, que garantem maior sustentabilidade do que aquelas ligadas ao sistema convencional. Há menos gastos e perda de materiais, otimização da mão-de-obra com menos retrabalhos gerados, além da redução na quantidade de resíduos gerados e no consumo de energia.

Além do aspecto ambiental, a sustentabilidade envolve ainda outros fatores, como, por exemplo, o social e o econômico. E também no tocante a estes pontos, o sistema pré-fabricado em concreto possui vantagens sobre o sistema convencional. Além da minimização das perdas de materiais, também pode-se reduzir as perdas com a mão-de-obra e com o tempo.

5.2.1. Desenvolvimento Sustentável

Segundo Gonçalves e Duarte (2006), a primeira definição de desenvolvimento sustentável foi elaborada pelo Brundtland Report, em 1987, como sendo aquele que atendesse às necessidades do presente sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras. Em 1997, um estudo revelou que a humanidade já havia ultrapassado em 20% o uso de recursos dentro da capacidade do planeta, e que a Terra foi sustentável até a década de 1980.

O desenvolvimento sustentável deve conciliar o crescimento econômico e a conservação dos recursos naturais, submetendo-se, ainda, à avaliação sob os aspectos social, econômico, ambiental, espacial e cultural. A sustentabilidade na construção de edificações tem sido um assunto bastante discutido face ao anúncio das consequências das mudanças climáticas globais; daí a necessidade de aplicar princípios para o desenvolvimento sustentável na construção civil, que, segundo a Agenda 21 (STACHERA JÚNIOR, 2006) são os seguintes:

- Conservar: minimizar o consumo de recursos naturais;
- Renovar/reciclar: maximizar a reutilização (reciclagem) de recursos e o uso de recursos renováveis, diminuindo o impacto ambiental provocado pela geração de resíduos; e
- Reduzir: o consumo de energia no processo de produção (reduzindo as emissões aéreas, poluição), a geração de resíduos (desperdício) e ruídos.

De acordo com a FEBE (2009), a indústria do concreto pré-fabricado implica em um uso de materiais até 45% menor que o concreto convencional, além de redução do consumo de energia de até 30%, e diminuição dos desperdícios com demolição de até 40%. Em alguns casos, o resíduo do concreto pode ser reciclado pelas fábricas, seja o endurecido ou fresco, até que se alcance um sistema de produção fechado, onde todo material consumido seja processado e utilizado novamente.

A sustentabilidade na construção civil pode ser ampliada desde a fase de projeto, buscando-se a economia de energia, o baixo impacto ao meio-ambiente e o tratamento de resíduos durante toda a vida útil da construção (SANTOS e PEREIRA, 2006).

5.2.2. A produção do concreto

O concreto é uma mistura de materiais inertes (agregado graúdo e miúdo) com aglomerante hidráulico, água, aditivos químicos e adições minerais (MENDES *et al.*, 2007). Esse material é o mais utilizado em obras civis, seja em edifícios residenciais, comerciais ou em obras de infraestrutura, e é o segundo material mais consumido no mundo, sendo ultrapassado apenas pela água (STACHERA JÚNIOR, 2006). Entretanto, sua composição é constituída de elementos que, no seu ciclo de produção, causam muitos danos ao ambiente, como é o caso do cimento.

O cimento é o material mais utilizado no mundo para fins de construção (ANDRADE *et al.*, 2002), e, no ano de 2006, sua produção mundial alcançou a marca de 2.542 milhões de toneladas.

A produção do cimento é caracterizada principalmente pela fabricação do clínquer. Para obtenção desse material, são necessários o calcário, a sílica, a alumina e o óxido de ferro, materiais extraídos diretamente da natureza e não renováveis. Esses materiais são preparados e dosados, para fins de realização da mistura e da homogeneização.

Após essa fase, a mistura passa por uma queima a uma temperatura de aproximadamente 1.400° C e, em seguida, por um resfriamento. Só então esse material é moído, e são acrescentados aditivos, como o gesso (gipsita) e cinzas, obtendo-se enfim o cimento. Todo esse ciclo gera impactos ao ambiente, desde a extração, passando pela clínquerização, que consome grande quantidade de energia, até a aplicação final (ANDRADE *et al.*, 2002).

Segundo Stachera Júnior (2006), as indústrias de produção de cimentos (Figura 90) são responsáveis por de 2% a 7% das emissões de CO₂. O processo de fabricação

de cimento, caracteriza-se pelo elevado consumo de energia térmica e elétrica, que, atualmente, gira em torno de 700 kcal e 100 kwh por tonelada de cimento produzida.

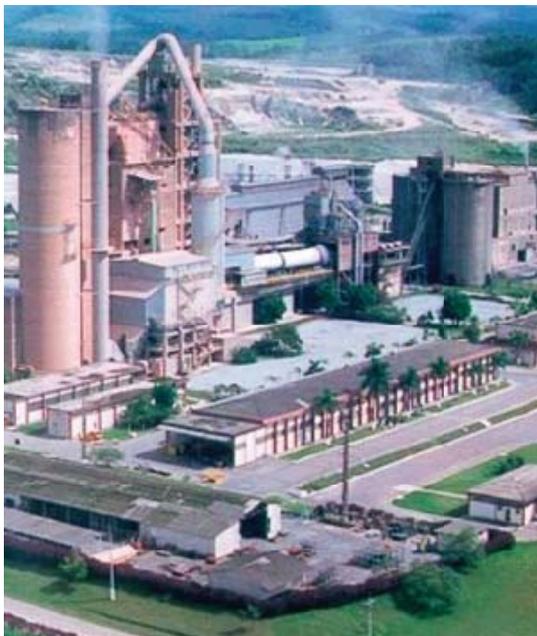


Figura 90 – Indústria de cimento
Fonte: INICIATIVA... (2007)

A fabricação do clínquer é um dos pontos críticos no caminho da sustentabilidade do cimento, pois o seu processo de calcinação e sinterização a elevadas temperaturas resulta em grande emissão de dióxido de carbono (Gráfico 6). Nesse processo, os combustíveis mais utilizados para elevar a temperatura são: óleo pesado, coque de petróleo e carvão mineral ou vegetal; e é em função desses combustíveis utilizados que ocorrem as variações nas emissões de CO₂.

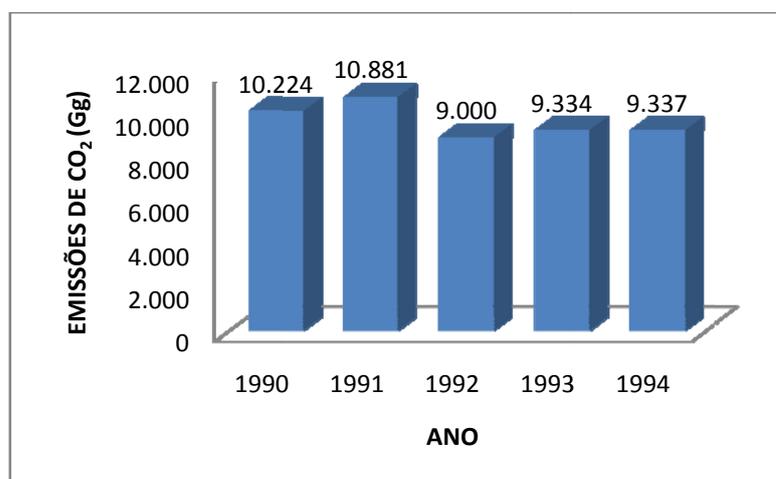


Gráfico 6 – Emissões de CO₂ na produção do cimento no Brasil.
Fonte: Dados do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Ministério da Ciência e Tecnologia (2002)

O consumo de energia na produção do cimento dependerá do tipo de planta de produção, devido às diferenças tecnológicas, e do processo de fabricação utilizado, que pode ser feito por via úmida ou seca (JOHN *et al.*, 2007).

A produção do cimento gera impactos, tais como alterações morfológicas, emissões de vibrações, ruídos, e partículas em suspensão no ar e poluição das águas. Apenas nas duas últimas décadas, com a questão ambiental em voga e o aumento do nível de exigências em torno dela, é que as empresas cimenteiras começaram a tomar iniciativas para o desenvolvimento do processo produtivo, tornando-o menos agressivo ao meio-ambiente. Durante muito tempo, a evolução do setor, sob o ponto de vista tecnológico foi bastante lenta, ficando restrita aos equipamentos envolvidos no processo.

As fábricas construídas em países em desenvolvimento – como é o caso do Brasil, onde a indústria tem continuado a expandir-se e a desenvolver novas instalações – podem ser alicerçadas em conceitos mais limpos e mais eficientes do que aquelas existentes nos países desenvolvidos, que foram construídas há mais tempo.

Além da utilização do cimento, a produção de concreto armado consome 2 m³ de areia natural para cada metro cúbico de brita, o que gera um consumo anual na construção civil brasileira de 320 milhões de m³. Grande parte desse material é retirado das baixadas e leitos de rios, causando, assim, um aumento da vazão de água e, dentre outras consequências, a erosão das margens (KUCK, 2003).

Em grandes cidades, o esgotamento das reservas próximas aos locais de utilização faz com que a areia natural seja transportada a grandes distâncias, implicando em maior consumo de energia e geração de poluição.

5.2.3. Utilização de resíduos de construção na produção do concreto

A crescente demanda por produtos que gerem menor impacto ambiental durante seu processo de produção, aplicação, uso e pós-uso, juntamente com a redução do

consumo de matérias-primas virgens, constituem metas para o alcance de uma construção sustentável.

No Brasil, embora ainda não seja habitual o uso de componentes reciclados, vários estudos vêm sendo realizados com vistas à substituição de alguns componentes do cimento e do concreto por outros menos agressivos ao meio ambiente, tais como resíduos ou coprodutos de algum processo produtivo.

A construção civil é potencialmente uma enorme consumidora de resíduos provenientes de outras indústrias. O setor já recicla atualmente uma grande quantidade de resíduos de outras indústrias, como é o caso da escória granulada de alto forno e cinza volante, que são incorporados rotineiramente às construções.

Segundo Levy e Helene (2002), a utilização de reciclados no concreto iniciou-se com o uso de agregados em 1946, período pós Segunda Guerra Mundial, onde o entulho dos edifícios demolidos foi utilizado como agregado para a reconstrução de cidades europeias.

De acordo com Levy e Helene (2002), a Europa desperdiça o equivalente a 200 milhões de toneladas anuais, entre concreto, pedras e recursos minerais valiosos. Entretanto, muitos países com desenvolvimento tecnológico avançado têm investido em pesquisas visando à reciclagem desses materiais, e, principalmente, à padronização dos processos para a obtenção de materiais de qualidade a serem empregados na construção.

Estima-se que, atualmente no Brasil, sejam produzidas 68,5 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição por ano. Uma alternativa consiste no processamento desse resíduo, para ser utilizado como agregado na produção de concreto. Na Europa, 28% dos resíduos de construção e demolição são reaproveitados, e, no Japão, este índice supera os 60%. Já no Brasil, esse material geralmente é colocado em aterros sanitários, bota-foras ou em áreas irregulares, sendo reutilizada apenas uma pequena parcela de tais resíduos (PIETRA e FIGUEIREDO, 2006).

Os resíduos de construção e demolição (RCD) podem ser utilizados no concreto como agregados graúdo ou miúdo (Figura 91), e, para tanto, devem atender às características necessárias desse material, tais como resistência, dimensões

estáveis e adequadas, não-reatividade ao cimento ou ao aço, e ausência de impurezas (ARAGÃO *et al.*, 2007).



(a) (b)
Figura 91 – (a) Resíduos de construção e demolição dispostos no canteiro, antes da separação, (b) e agregado miúdo produzido a partir dele.

Fonte: LIMA *et al.* (2007)

Os concretos fabricados a partir de materiais reciclados possuem características mais variáveis que o concreto convencional, devido a alterações na composição e nas características físico-químicas. Entretanto, pode-se obter um concreto adequado, desde que levados em consideração certos aspectos como: escolha do resíduo, classificação e separação dos contaminantes, controle de qualidade e da aplicação etc (ARAGÃO *et al.*, 2007).

Segundo Aragão *et al.* (2007), a incorporação do RCD na produção de elementos em concreto pré-fabricado pode reduzir significativamente o consumo de energia e de agregados naturais. Em estudo desenvolvido por estes autores, constatou-se que a utilização de 50% de RCD na capa de concreto de vigas T das lajes pré-fabricadas, formadas por vigotas pré-fabricadas em concreto convencional e capa de concreto com RCD, gerou peças com maior resistência e rigidez que as vigas com capa de concreto convencional. Vale ressaltar que tal resultado ainda não pode ser generalizado para toda edificação, visto tratar-se de uma pesquisa relacionada a um elemento construtivo em específico.

5.2.4. Concreto moldado in loco x Concreto pré-fabricado

As edificações em concreto moldado no local são as mais utilizadas no Brasil, devido à facilidade na construção. Essas estruturas apresentam algumas vantagens, tais como rigidez – devido à monoliticidade dos elementos, maior flexibilidade de formas, técnicas de execução razoavelmente dominadas no país, além de não exigirem especialização de mão-de-obra (CANASSA *et al.*, 2007). Essas duas últimas vantagens é que impulsionam o uso desse tipo de sistema construtivo, além, é claro, de seu baixo custo em relação aos outros sistemas.

Dentre as desvantagens da construção em concreto moldado no local, Obata e Souza (2001) enumeram diversas, tais como: gasto elevado com fôrmas, assim como suas sobras; pregos expostos; serragens, arames e manchas aparentes nas peças moldadas, por causa da ineficiência na aplicação de desmoldantes e limpeza antes da moldagem; pontos de fuga de argamassa do concreto devido a não fixação e vedação das juntas das fôrmas; armaduras aparentes, resultantes da falta de cuidados na colocação e fixação de espaçadores; ninhos de moldagem e manchas, devido à ineficiência do adensamento; pontos de fuga de argamassa do concreto devido ao excesso de vibração; constatação de juntas frias, devido aos erros durante a moldagem ou mesmo por planejamento inadequado da moldagem ou sua inexistência; elevado volume de geração de resíduos (desperdício); velocidade de execução reduzida; maior número de funcionários; necessidade de centrais de produção no canteiro e muitos materiais estocados, comprometendo a organização do canteiro (Figura 92).



Figura 92 – Obra utilizando o concreto moldado in loco.
Fonte: DANTAS (2006) p.22

Algumas dessas desvantagens podem ser sanadas pela adoção de um maior rigor na execução dessas estruturas, ao passo que outras, como, por exemplo, a velocidade de execução reduzida, são características inerentes ao sistema.

A produção em fábrica possibilita processos mais eficientes e racionais, trabalhadores especializados, repetição de tarefas e controle de qualidade, além da implementação de sistemas automatizados. A pré-fabricação apresenta um melhor desempenho estrutural e mais durabilidade do que as construções moldadas no local, já que potencializam e otimizam o uso dos materiais. Uma das formas de obtenção desses resultados consiste na utilização de equipamentos modernos, tais como o emprego de máquinas controladas por computador para o preparo, e procedimentos de fabricação cuidadosamente elaborados (ABCIC, 2009).

São empregados também aditivos e adições para alcançar os desempenhos mecânicos específicos para cada classe de concreto. As fases de produção do concreto, tais como o lançamento e o adensamento, se desenrolam em locais fechados, e a cura é executada em condições controladas, onde a relação água/cimento pode ser reduzida ao mínimo possível (ABCIC, 2009).

O concreto autoadensável, por não necessitar de vibração, possibilita menos ruído durante o processo de moldagem (dos elementos pré-fabricados); menor pressão nas formas; maior rapidez e facilidade no processo de moldagem, em especial para seções delgadas e complicadas; menos bolhas de ar na superfície da peça; além de ser fácil de bombear (ABCIC, 2009).

A pré-fabricação somente deixa de ser vantajosa quando não há repetição de elementos (Figura 93), pois, dessa forma, é necessário um gasto com fôrmas específicas, em geral metálicas e com alto custo de produção; diante de sua reduzida utilização, o uso da estrutura moldada *in loco* acaba sendo mais vantajosa. A utilização de sistemas mistos (ou híbridos) também pode ser vantajosa, na medida em que permite que uma obra possa utilizar estrutura pré-fabricada onde se consiga uma padronização, complementando-se o restante da obra com estrutura moldado *in loco*.



Figura 93 - Vigas pré-fabricadas em arco, com repetição dos elementos, para estrutura de ginásio
Fonte: FEBE (2009)

Percebe-se uma tendência ao uso de pré-fabricados em edifícios de múltiplos pavimentos pela utilização da solução mista, ou seja, uso de componentes pré-fabricados e moldagem no local, de acordo com as características da obra, sendo que, para edifícios mais baixos, o grau de pré-fabricação é maior que em edifícios de maior altura. Outra tendência consiste na competitividade da utilização de elementos pré-fabricados em fachadas para obras que disponham de recursos financeiros e necessitem reduzir prazos, tais como *shopping centers*, estacionamentos, hotéis, hospitais e escolas. Para as obras residenciais, em geral autofinanciadas, a expectativa de avanço neste sistema é menor (ALBURQUEQUE e EL DEBS, 2005).

5.2.5. Comparativo entre concreto moldado *in loco* e pré-fabricado

Neste item, será realizada uma comparação teórica entre o sistema construtivo em concreto moldado *in loco* e o sistema construtivo pré-fabricado em concreto (Figura 94 e Figura 95).



Figura 94 - Obra em Vila Velha (ES) executada em concreto moldado *in loco*
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 95 - Obra em Vila Velha (ES) executada em concreto pré-fabricado
Fonte: Arquivo pessoal

O consumo de cimento no concreto usado em elementos pré-fabricados é menor que no sistema convencional, já que as incertezas em relação a uma obra moldada *in loco* são muito maiores. Em comprovação a tal fato, observa-se que o coeficiente de segurança exigido por norma (ABNT NBR 6118:2007 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento) para o sistema pré-fabricado é menor do que aquele

contemplado para o sistema convencional. O coeficiente de segurança é de 1,3 para pré-fabricados e 1,4 para moldado in loco. Esses índices implicam em maior consumo de cimento no concreto, conforme poderá ser visualizado a seguir.

$$\gamma_{C \text{ pré}} = 1,3$$

$$\gamma_{C \text{ loco}} = 1,4$$

Onde:

γ_C – coeficiente de segurança

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_C}$$

Onde:

f_{cd} – resistência de cálculo (usada em projeto)

f_{ck} – resistência característica

Para uma mesma resistência de cálculo de 20 MPa, dependendo do sistema construtivo a ser utilizado, pré-fabricado ou convencional, obtém-se uma resistência característica diferente, em decorrência do coeficiente de segurança.

- Sistema pré-fabricado em concreto

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa} \rightarrow f_{ck} = 26 \text{ MPa}$$

- Sistema convencional em concreto (moldado in loco)

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa} \rightarrow f_{ck} = 28 \text{ MPa}$$

A maior resistência característica no sistema de concreto moldado in loco implica em maior consumo de cimento que no sistema pré-fabricado.

Outro ponto que torna o concreto pré-fabricado mais sustentável que o concreto convencional é o consumo de água. Em primeiro lugar, porque, na grande maioria das vezes, é produzido dentro da própria fábrica, dispensando o transporte em grandes distâncias, e mantendo sua trabalhabilidade até o momento de lançamento nas fôrmas. Ao passo que o concreto moldado in loco, por ser produzido em um local e transportado até outro para lançamento nas fôrmas, para que sua

trabalhabilidade seja mantida, necessita da adição de mais água, e por consequência, mais cimento para a correção da resistência.

A otimização no uso das armaduras também é um fator que garante sustentabilidade ao sistema construtivo em questão. A armadura utilizada em indústrias de pré-fabricados em concreto pode ser do tipo não protendida ou protendida. No caso do primeiro tipo de armadura, os procedimentos para a armação são basicamente os mesmos que em um sistema construtivo convencional; o grande diferencial está na produção em série da armadura e na racionalização desse trabalho, permitido pelas melhores condições que a fábrica possibilita, reduzindo então as perdas desse material (EL DEBS, 2000).

Por tratar-se de uma produção em série, é possível utilizar equipamentos para corte ou dobra de fios, barras e telas, para a produção das armaduras, o que acarreta um aumento da produtividade (Figura 96). Para as armaduras protendidas, são utilizadas pistas de protensão de 60 a 200 m de comprimento (EL DEBS, 2000).



Figura 96 – Armadura utilizada em fábrica de concreto pré-fabricado
Fonte: FEBE (2009)

O desvio-padrão, que é uma medida de dispersão usada com a média, e mede a variabilidade dos valores à volta dela, influencia diretamente na resistência a ser adotada no concreto. Quanto maior o desvio-padrão, maior será a resistência característica (f_{ck}), e assim, maior o consumo de cimento. O desvio-padrão está

diretamente relacionado ao grau de precisão ou imprecisão do processo construtivo; quanto maior a imprecisão, maior o desvio-padrão.

$$f_{ck} = f_{cj_{28}} - 1,65S_d$$

Onde:

f_{ck} – resistência característica

$f_{cj_{28}}$ – resistência medida em laboratório aos 28 dias

S_d – desvio-padrão

As fôrmas influenciam na qualidade do produto e na produtividade do processo. Para tanto, segundo El Debs (2000), elas devem possuir algumas características:

- estabilidade volumétrica;
- reutilização;
- fácil manuseio, limpeza e desmoldagem;
- pouca aderência com o concreto;
- estanqueidade; e
- versatilidade.

São essas características que influenciarão na escolha do material da fôrma. Em geral, podem ser utilizados os seguintes materiais na fabricação das fôrmas: madeira, aço, concreto ou alvenaria e plástico reforçado com fibra de vidro (EL DEBS, 2000).

CARACTERÍSTICAS	AÇO	MADEIRA	CONCRETO	PLÁSTICO
Estabilidade volumétrica	boa	ruim	boa	boa
Aderência	boa	regular	ruim	boa
Manuseio	boa	boa	ruim	boa
Possibilidade de transformação	boa	boa	ruim	ruim
Facilidade de transporte	boa	boa	ruim	boa

Quadro 16 - Características das fôrmas em função do material utilizado

Fonte: adaptado EL DEBS (2000) p. 38

TIPOS DE MATERIAIS	NÚMERO DE REUTILIZAÇÕES
Madeira tratada/chapas de madeira compensada (sem tratamento térmico)	80-120
Concreto	100-300
Plástico reforçado com fibra de vidro	80-400
Fôrmas de aço desmontáveis	500-800
Fôrmas de aço não desmontáveis	800-1200

Quadro 17 - Estimativa do número de reutilização das fôrmas
Fonte: adaptado EL DEBS (2000) p. 39

Os materiais mais utilizados em fôrmas são a madeira e o aço. A madeira implica em um custo menor, porém com um menor número de reutilizações e demanda mais manutenção. Ao passo que as fôrmas em aço, apesar de acarretarem um custo inicial maior, permitem maior número de reutilizações e menor manutenção, o que ao final, repercute em menos gastos (EL DEBS, 2000). As empresas de pré-fabricados em concreto, na grande maioria das vezes, empregam as fôrmas em aço, que do ponto de vista da sustentabilidade, são mais adequadas.

Visando liberar as fôrmas em um menor espaço de tempo, são utilizados artifícios para acelerar o endurecimento do concreto, dentre os quais vale mencionar: o uso de cimento de alta resistência inicial, aumento da temperatura e uso de aditivos. O aumento da temperatura que acelera as reações químicas entre cimento e água é, em geral, obtido com a cura a vapor, comumente utilizada nos elementos pré-fabricados (EL DEBS, 2000; MOREIRA *et al.*, 2007).

CARACTERÍSTICA	MOLDADO IN LOCO	PRÉ-FABRICADO
1- Coeficiente de segurança	↑ consumo de cimento	↓ consumo de cimento
2- Trabalhabilidade	↑ consumo de cimento e de água	↓ consumo de cimento e de água
3- Armadura	↑ consumo de aço	↓ consumo de aço
4- Desvio padrão	↑ consumo de cimento	↓ consumo de cimento
5- Fôrmas	↑ consumo de materiais	↓ consumo de materiais
6- Cura	↓ controle	↑ controle

Quadro 18 - Resumo entre o comparativo das características do concreto moldado in loco e do pré-fabricado

↑ - maior
↓ - menor

Um estudo realizou uma comparação entre duas estruturas de concreto de um edifício residencial, uma utilizando laje pré-fabricada e outra laje moldada in loco. A edificação utilizada na comparação possuía 3 subsolos, e, ainda, 4 pavimentos de 430 m² cada. Além das características intrínsecas a cada sistema, foram considerados também os benefícios de uma laje sobre a outra, como menor número de pilares ou vigas menores, por exemplo.

Para essa comparação, utilizou-se o LCA (Análise do Ciclo de Vida)², considerando os diversos impactos causados pelos materiais usados. O resultado desta pesquisa constatou que a estrutura do edifício que utilizou a laje pré-fabricada causou um impacto ao meio-ambiente 12,2% menor que o da laje moldada in loco (LÓPEZ-MESA *et al.*, 2008).

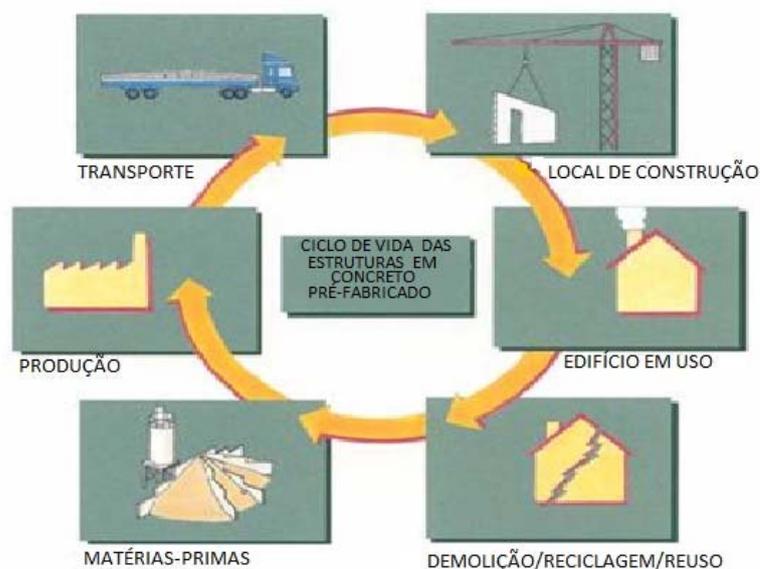


Figura 97 - Ciclo de vida das estruturas pré-fabricadas em concreto

Fonte: adaptado FEBE

A seguir, apresenta-se o Quadro 19, com uma comparação entre as características da construção civil convencional e a pré-fabricada, a partir das características da construção civil apontadas por Meseguer (1991).

² LCA (*Life cycle analysis*) – ferramenta utilizada para avaliar o desempenho de produtos ou sistemas, do ponto de vista ambiental, auxiliando na tomada de decisões para a diminuição dos impactos. É feita através de uma análise sistemática pelas várias etapas da produção, desde a extração das matérias-primas até a destinação final do produto, ao fim de sua vida útil (TOKUDOME, 2005).

CARACTERÍSTICAS DO SEGMENTO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO CIVIL CONVENCIONAL (MESEGUER)	CARACTERÍSTICAS DO SEGMENTO PRODUTIVO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PRÉ-FABRICADA
1. Indústria de caráter nômade	1. Indústria fixa
2. Cria produtos únicos	2. Cria produtos seriados
3. Produção centralizada	3. Produção em cadeia
4. Resistente a mudanças	4. Mais aberta a mudanças
5. Mão-de-obra pouco qualificada	5. Mão-de-obra mais qualificada
6. Trabalhos realizados em campo	6. Trabalhos realizados na fábrica
7. Pequeno grau de precisão	7. Maior grau de precisão
8. Dificuldade no controle de qualidade da estrutura	8. Controle da qualidade da estrutura mais facilitado

Quadro 19 - Diferença entre estruturas moldadas in loco e pré-fabricadas.

5.3. QUALIDADE E PREÇO DO PRODUTO FINAL

A qualidade do produto final pré-fabricado em concreto, em grande parte dos casos, é superior à do produto moldado in loco. Isso acontece porque os materiais e os processos de fabricação de um pré-fabricado podem ser mais facilmente controlados em uma indústria do que em campo.

Os produtos em concreto pré-fabricado possuem também um acabamento final em sua superfície muito melhor que o concreto moldado in loco, favorecendo assim a utilização da estrutura aparente (Figura 98). Tokudome (2005) destaca que o uso do concreto aparente (sem acabamento) pode reduzir em até 5% o custo da construção, além de diminuir de 10% a 15% o peso próprio da edificação.

Outra característica do concreto pré-fabricado é a sua compacidade, que, devido aos processos de vibração utilizados em fábrica, promovem um melhor adensamento do concreto, reduzindo assim sua porosidade, e evitando a carbonatação. Todos esses fatores conduzem a uma melhoria na qualidade do produto, a uma redução nas necessidades de manutenção e nos custos incorridos ao longo da vida útil da edificação.



Figura 98 - Aeroporto de Congonhas (SP), cobertura em concreto pré-fabricado, com estrutura aparente.

Fonte: Arquivo pessoal

Outra característica é a precisão dimensional do sistema. As peças apresentam muito menos variação em suas dimensões do que no sistema convencional.

O preço final dos elementos em concreto pré-fabricado, nos dias atuais, ainda tem ultrapassado aquele dos elementos em concreto convencional; no entanto, essa diferença pode ser atenuada, desde que sejam aproveitadas as características do concreto pré-fabricado. A estrutura disponível nas indústrias para a fabricação das peças em concreto permite condições que podem diminuir os custos de produção.

Com o aumento da produção das peças pré-fabricadas em concreto, com a repetição dessas peças e sua produção em série, os preços para este sistema construtivo certamente serão reduzidos. Outra questão que contribuirá para a diminuição do custo desse sistema, diz respeito ao fato de que, graças ao aumento da produção, ou seja, produção em série, o custo indireto (BDI – Bonificação e Despesas Indiretas) será rateado em maior número, influenciando na redução do preço final do produto; em sentido oposto, a construção convencional, por ser uma produção isolada e única, arcará com todos os custos indiretos, tais como: administração central, custo financeiro, seguros e garantias.

Outro aspecto positivo relacionado ao preço dos produtos em concreto pré-fabricado é o que se pode chamar de preço certo. Isso significa que a margem de erro de um orçamento de uma obra em concreto pré-fabricado é muito pequena, já que os custos dos componentes para esta obra podem ser previamente previstos, sem sujeitar-se a grandes oscilações.

A dosagem do concreto pré-fabricado é mais econômica que o concreto convencional, ou seja, o consumo de cimento é menor, e, conseqüentemente, o custo de materiais também é reduzido. Além disso, o menor desperdício de materiais e menos retrabalhos contribuem para um menor custo final em materiais.

A estrutura pré-fabricada em concreto possui grande conformidade com as normas vigentes e processo de fabricação com controle de qualidade da produção bastante apurado, garantindo uma menor variabilidade da resistência e das dimensões, assim como a espessura do cobrimento das armaduras. Todos esses elementos geram uma maior qualidade do produto, e repercutem na maior durabilidade da edificação e na redução dos gastos com manutenção (Figura 99).

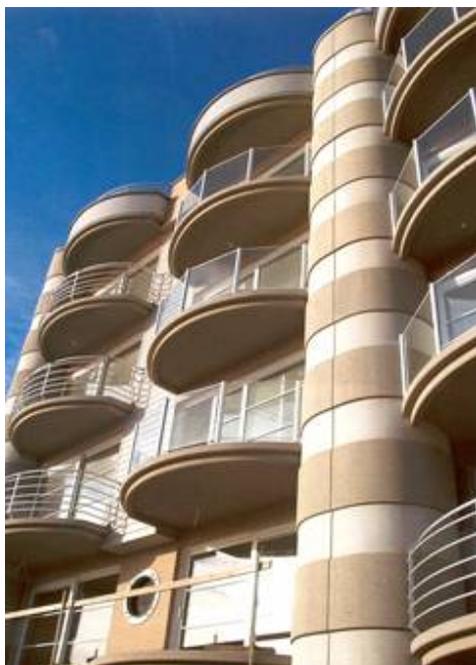


Figura 99 - Edifício de apartamentos executado em elementos pré-fabricados em concreto.
Fonte: FEBE (2009)

Ainda que o preço da estrutura pré-fabricada em concreto se mantenha acima do preço da estrutura convencional, ele se torna bastante competitivo quando

CAPÍTULO 5 – A PRÉ-FABRICAÇÃO COMO SOLUÇÃO

consideramos a variável tempo, pois a obra é construída em um prazo menor, podendo gerar um retorno rápido do investimento.

A seguir, é apresentado o Quadro 20 com um resumo comparativo entre concreto moldado in loco e concreto pré-fabricado, no que tange ao preço e à qualidade do produto final.

CARACTERÍSTICAS	MOLDADO IN LOCO	PRÉ-FABRICADO
Acabamento final da superfície	Menos apurado	Mais apurado
Compacidade	Menor	Maior
Porosidade	Maior	Menor
Precisão dimensional	Pequena	Grande
Preço final atual	Mais baixo e incerto	Mais alto e certo
Custo de materiais	Maior	Menor
RESULTADO	= MENOR QUALIDADE FINAL, MENOS DURABILIDADE E MAIS MANUTENÇÃO	= MAIOR QUALIDADE FINAL, MAIS DURABILIDADE E MENOS MANUTENÇÃO

Quadro 20 - Comparativo entre produtos em concreto pré-fabricado e moldado in loco, quanto a aspectos de qualidade e preço

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. INTRODUÇÃO

Após o levantamento, estudo e análise da bibliografia abordada ao longo do trabalho, procede-se a uma avaliação do cumprimento dos objetivos propostos inicialmente, com a síntese das conclusões ora alcançadas e das propostas de temas para trabalhos futuros.

6.2. DO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS

Dentre os objetivos lançados no início do trabalho para serem alcançados, o primeiro, que estava relacionado à organização de um histórico a respeito da atividade de construir, mostrando sua evolução, e o segundo, que propunha o levantamento das características da indústria da construção civil brasileira, foram cumpridos no Capítulo 2.

Os objetivos relacionados à formação de base teórica, à sistematização do conhecimento sobre o sistema construtivo em concreto pré-fabricado, e o relacionado ao estudo dos tipos de pré-fabricados foram abordados no Capítulo 3.

Os objetivos propostos referentes à indicação de fatores que dificultam a industrialização da construção e à caracterização dos segmentos que fazem parte do setor da construção civil brasileira podem ser contemplados no Capítulo 4.

Os objetivos relacionados à proposta de ações para o aumento do uso desse sistema, para a utilização do concreto de forma mais racionalizada e sustentável e análise do sistema sob os aspectos da sustentabilidade, foram alcançados na exposição trazida no Capítulo 5.

6.3. CONCLUSÃO

As conclusões alcançadas foram divididas em 3 grupos:

- 1- Com relação à atual indústria brasileira de pré-fabricados em concreto:
 - a) Existe uma pequena variedade de produtos pré-fabricados;
 - b) Ausência de normatização atualizada para os produtos pré-fabricados;
- 2- Com relação à qualidade e ao preço dos produtos pré-fabricados:
 - a) O processo de fabricação gera produtos pré-fabricados de melhor qualidade do que aqueles fabricados pela construção civil convencional;
 - b) O pré-fabricado em concreto é ambientalmente mais sustentável que o concreto convencional;
 - c) A padronização das peças em concreto pré-fabricado e a produção em série levarão à diminuição do custo final dos componentes;
- 3- Com relação às políticas públicas:
 - a) A pré-fabricação permite melhores condições de trabalho aos operários da construção civil que a construção convencional;
 - b) Ausência de políticas de incentivo ao uso de pré-fabricados em concreto.

6.4. PERSPECTIVAS FUTURAS/SUGESTÃO PARA NOVOS TRABALHOS

O tema concreto pré-fabricado é muito amplo e ainda pouco explorado, que permite diversas abordagens e muitos estudos a serem realizados. Ao longo da elaboração deste trabalho, foram identificados alguns tópicos que podem ser objeto de estudos futuros, contribuindo ainda mais para a difusão dos sistemas pré-fabricados em concreto. São eles:

- Levantamento de um panorama da indústria de pré-fabricados em concreto no Espírito Santo (empresa, obras etc.);
- Parâmetros e requisitos para a elaboração de projetos que utilizem o sistema pré-fabricado em concreto;

- Estudos de casos para criar um comparativo real entre obras em concreto pré-fabricado e em concreto moldado in loco;
- Desenvolvimento do Plano Diretor Municipal da Execução (PDM da Execução) e do Relatório de Impacto do Sistema Construtivo (RISC), por meio da definição de parâmetros a serem aplicados e forma de atuação desses instrumentos.

7. REFERÊNCIAS

- ABIKO, A. MORAES, O.B.de. **Desenvolvimento urbano sustentável**. São Paulo: EPUSP, 2009. (Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/26).
- AGOPYAN, V. Números do desperdício. **Revista Técnica**, São Paulo, n° 53, p.30-31, 2001. Entrevista concedida a Mariuza Rodrigues.
- ALBUQUERQUE, A. T. de; EL DEBS, M. K. **Levantamento dos sistemas estruturais em concreto pré-moldado para edifícios no Brasil**. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-projeto-produção em concreto pré-moldado, São Carlos, nov 2005.
- ANDRADE, M.L.A. de, CUNHA, L.M.S., SILVA, M.C. **Desenvolvimento e Perspectiva da Indústria de Cimento**. BNDES, 2002. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 15, p. 35-62, mar. 2002 Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set1502.pdf>> Acesso em: 13 out. 2007.
- ARAGÃO, H. G.; LIMA, F. B. de; LIMA, P. R. L.; LEITE, M. B.; NAGAHAMA, K. de J. Aplicação do concreto reciclado de RCD em vigas para lajes pré-moldadas. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Anais em CD...** Bento Gonçalves: IBRACON, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC). **Manual técnico de pré-fabricados de concreto**. São Paulo, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC). **Documentos do Selo de Excelência**. Disponível em: <<http://www.abcic.com.br/selo/documentos.shtml>> Acesso em: 13 mar. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado: NBR 9062**. Rio de Janeiro, 2006.
- BAPTISTA, S. M. **Racionalização e industrialização da construção civil**. Universidade Federal de São Carlos, 2009. (Notas de Aula: disciplina Racionalização das construções). Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/58162057/Racionalizacao-e-industrializacao-na-construcao-civil>> Acesso em: 27 jul. 2010.
- BARDELLA, P.S.; BARBOSA, D.C.; PEREIRA, V.M.; CAMARINI, G. Estrutura Porosa de Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno e Sílica Ativa para Utilização em Pré-Moldados. In: 49º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais em CD...** Bento Gonçalves: IBRACON, 2007.
- BARROS, M. M. B. de; SABBATINI, F. H. **Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2003. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/172).
- BENÉVOLO, L. **História da Arquitetura Moderna**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1976 (4ª ed.)
- BENÉVOLO, L. **História da Cidade**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2005 (3ª ed.)
- BEZERRA, L. M. C. de M. **Planejamento e controle da produção com a utilização de células de trabalho: estudo de caso em construções com vedações verticais em concreto armado moldadas in loco**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05012011-154700/>>. Acesso em: 10 jan.2011.

- BRASIL. Ministério das Cidades. Assessoria de Comunicação. **Programas e ações do Ministério das Cidades**. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br>> Acesso em: 28 jul. 2009.
- BUTTLER, A. M.; PRADO, D. M.; CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. Blocos estruturais de concreto com agregados reciclados de concreto – caracterização das propriedades físicas. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais em CD...** Florianópolis: ENTAC, 2006.
- CAIXA. Governo Federal. **Minha Casa, Minha Vida** - Cartilha. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/popup/home/popup_home_9.asp> Acesso em: 10 nov. 2009.
- CAIXA. Governo Federal. **Cadernos Projeto padrão – casas populares**. Vitória: Gerência de Apoio ao Desenvolvimento Urbano - GIDUR/VT, 2006.
- CANADIAN PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE – CPCI. **Design Manual**. Ottawa. Canadian Precast/Prestressed Concrete Institute, 2007.
- CANASSA, P.A.V.A.; FERREIRA, M.de A.; SERRA, S.M.B. A Utilização de Estruturas Pré-fabricadas de Concreto em Construções Mistas no Brasil. In: 49º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais em CD...** Bento Gonçalves: IBRACON, 2007.
- CARVALHO, B.de A. **A História da Arquitetura**. Rio de Janeiro: Tecnoprint, 1987.
- CARVALHO, R. C.; PARSEKIAN, G. A.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. de; MACIEL, A. M. **Estado da Arte do Cálculo das Lajes Pré-fabricadas com Vigotas de Concreto**. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-projeto-produção em concreto pré-moldado, São Carlos – nov 2005.
- CIÊNCIA e tecnologia, um sistema de responsabilidade com o futuro do país. **Revista do Confea**. Disponível em: < <http://www.confea.org.br/revista/> > Acesso em: 10 mar. 2009.
- CLETO, F.R. **Referenciais tecnológicos para a construção de edifícios**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2006.
- COELHO, M. A. M.; SILVA, M. G. da; SOUZA, F. L. dos S., SARMENTO, R.; ZANDONADE, E.; MORIMOTO, T.; HELMER, J. L. Avaliação ambiental de concreto com escória de alto-forno ativada quimicamente após um ano de exposição em ambiente marinho. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais em CD...** Florianópolis: ENTAC, 2006.
- COMBATENDO a crise e o déficit habitacional. **Revista do CREA-MG**, Belo Horizonte, ano XII, n. 118, abril/maio 2009.
- COMISSÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA (CEE/CBIC). **Importância do setor de construção civil na economia brasileira**. Belo Horizonte: Banco de Dados CBIC. Disponível em < <http://www.cbicdados.com.br/files/textos/027.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2009.
- CONFEA hoje. **Revista do Confea**. Disponível em: < <http://www.confea.org.br/revista/> > Acesso em: 10 mar. 2009.
- CONSELHO quer padronizar procedimentos para garantir mais segurança. **Revista do CREA-ES Tópicos**, Vitória, ano X, n. 50, p.12, jul./ago. 2009.

- DANTAS, M.M. **Proposições de ações para a melhoria da produtividade da concretagem em edifícios verticais**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2006.
- DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (DIEESE). **O trabalhador da Construção Civil na Bahia**. Bahia, 2006. Série Estudos e Pesquisas.
- DONIAK, J.L.O.; FILIPPI, G. Selo de Excelência ABCIC: compromisso com a construção sustentável. **Revista Concreto e Construções**, São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, n. 59, Jul/Ago/Set 2010.
- EL DEBS, M.K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2000.
- ESPÍRITO SANTO. **Plano de desenvolvimento Espírito Santo 2025: análise comparativa**. Espírito Santo: Macroplan, v.4, 2006.
- FARIA, R. Desperdício mínimo. **Revista Técnica**, São Paulo, n.172, p. 32-35, Jul. 2011.
- FÉDÉRATION DE L'INDUSTRIE DU BÉTON (FEBE). **Le béton architectonique**. Bruxelles, 2006. Disponível em: <www.febe.be> Acesso em: 21 jan. 2009.
- FÉDÉRATION DE L'INDUSTRIE DU BÉTON (FEBE). **Modèle de cours béton préfabriqué**. Disponível em: <www.febe.be> Acesso em: 21 jan. 2009.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). Departamento da Indústria da Construção (DECONCIC). **Proposta de Política Industrial para a Construção Civil – Edificações**. Caderno 1. São Paulo, 2008.
- FIGUEROLA, V. Alto e pronto. **Revista Técnica**, São Paulo, n.140, p.48-52, nov.2008.
- FIORITI, C. F.; AKASAKI, J. L.; INO, A. Fabricação de pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de recauchutagem de pneus. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais em CD...** Florianópolis: ENTAC, 2006.
- FOLZ, R. R. **Projeto tecnológico para produção de habitação mínima e seu mobiliário**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-06082008-100756/>. Acesso em: 10 jan.2011.
- FONSECA, G. B. da. **La representación gráfica arquitectónica - entre la continuidad y la innovación**. Ano 11, maio 2011. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos> Acesso em: 01 jun. 2011.
- FRANCKLIN JUNIOR, I.; AMARAL, T. G. do. **Inovação tecnológica e modernização na indústria da construção civil**. Ciência et Praxis, Passos, v. 1, n. 2, p. 5-10, 2008. Disponível em <http://www.fip.fespmg.edu.br/ojs/index.php/scientae/issue/view/5> Acesso em: 23 fev. 2009.
- FREITAS, D. de S. **O papel do CREA nas Faculdades de Engenharia**. Revista Jus Vigilantibus, 2007. Disponível em <http://jusvi.com/artigos/23981> Acesso em: 21 fev. 2009.
- GIMENEZ, L. E. **As quatro escolas do FDE em Campinas**. Arquitectos nº 64.02. Portal Vitruvius, São Paulo, set. 2005. Disponível em <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq064/arq064_02.asp> Acesso em: 15 jun. 2009.

- GONÇALVES, J. C. S. DUARTE, D. H. S. **Arquitetura sustentável**: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81 out./dez. 2006.
- GRASSELLI, V.A. **Controle das edificações**: uma contribuição ao processo de gestão pelos órgãos públicos. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.
- GYMPEL, J. **História da Architectura - Da Antiguidade aos nossos dias**. Colônia: Editora Konemann, 2001.
- Habitat '67. **Towards the Development of a Building System**. Moshe Safdie PCI Journal, February 1967.
- INICIATIVA para a sustentabilidade do cimento: plano de ação - resumo. 2002. WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). Disponível em: <<http://www.wbcd.org>>. Acesso em: 13 out. 2007.
- INSTITUTO Jones dos Santos Neves. **Caderno de Pesquisa: Leis urbanísticas dos municípios do Espírito Santo**. Vitória, 2008.
- INSTITUTO Uniemp. Disponível em:< www.uniemp.org.br>. Acesso em: 2 nov. 2009.
- JANSON, H.W. **História Geral da Arte**. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- JOHN, V.M.; OLIVEIRA, D.P.de; AGOPYAN, V. **Crítérios de sustentabilidade para a seleção de materiais e componentes** – uma perspectiva de países em desenvolvimento (draft version). Disponível em <http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VMJOHN_AGOPYAN_OLIVEIRA_05_v4_T RADU__O.pdf> Acesso em: 13 out. 2007.
- LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. **Evolução histórica da utilização do concreto como material de construção**. São Paulo: EPUSP, 2002. 12 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/318)
- LIMA, I.S. **Qualidade de vida no trabalho na construção de edificações**: avaliação do nível de satisfação dos operários de empresas de pequeno porte. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995. Disponível em <www.eps.ufsc.br> Acesso em 07 ago. 2009.
- LIMA, M. B. L.; MOURA, W. A.; LIMA, P. R. L.; GONÇALVES, J. P.; MARINS, C. C. Avaliação de propriedades físicas de concretos reciclados de resíduos de construção e demolição. In: 49º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais em CD...** Bento Gonçalves: IBRACON, 2007.
- LIMA, S. A.; ROSSIGNOLO, J. A. Análise da retração por secagem em argamassas confeccionadas com cinza da casca da castanha de caju em substituição ao cimento Portland. In: 50º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais em CD...** Salvador: IBRACON, 2008.
- LÓPEZ-MESA, B.; PITARCH, A.; TOMÁS, A.; GALLEGO, T. Comparison of environmental impacts of building structures with in situ cast floors and with precast concrete floors. **Building and Environment**, 2008.
- LUZ, C. A. da. CHERIAF, M. ROCHA, J. C. AMBROISE, J. PERA, J. **Estudo de um cimento com baixo impacto ambiental (BIA) a partir do clínquer sulfoaluminoso e do fosfógeno**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 7-27, out./dez. 2005.
- KAWABATA, C. Y.; DI CAMPOS, M. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Estudo de cinzas de resíduos agroindustriais como substitutos potenciais ao cimento portland. In: XI Encontro

- Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais em CD...** Florianópolis: ENTAC, 2006.
- KUCK, D.W. **Areia artificial reduz impacto ambiental de construção civil** (31/01/03). Disponível em <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/3752>> Acesso em: 13 out. 2007.
 - KURESKI, R.; RODRIGUES, R. L.; MORETTO, A. C.; SESSO FILHO, U. A.; HARDT, L. P. A. **O macrossetor da construção civil na economia brasileira em 2004**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 7-19, jan./mar. 2008.
 - MARTINS, M.G. **A inovação tecnológica na produção de edifícios impulsionada pela indústria de materiais e componentes**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2004.
 - MELLO, R.B.de. **O estudo da mudança estratégica organizacional em pequenas empresas de construção de edificações: um caso em Florianópolis**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em <www.eps.ufsc.br> Acesso em 13 abr.2009.
 - MELLO, L.C.B.B.; AMORIM, S.R.L. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Revista Produção**, v.19, n.2, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132009000200013> Acesso em: 16 abr. 2011.
 - MENDES, S. E.S. MOREIRA, K. A. W. VIEIRA, J.M. GARCIA, A. R. Viabilidade do uso de areia artificial em concretos para estruturas pré-fabricadas. In: 49º Congresso Brasileiro do Concreto, **Anais em CD...** Bento Gonçalves: IBRACON, 2007.
 - MESEGUER, A.G. **Controle e garantia da qualidade na construção**. Trad. de Roberto José Falcão Bauer, Antônio Carmona Filho e Paulo Roberto do Lago Helene. São Paulo: Sinduscon-SP. 1991.
 - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). Anexo III da Resolução nº1 da CIMGC (Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima) **Uso da escória de alto-forno na produção de cimento na Votorantim Cimentos**. Disponível em <<http://www.mct.gov.br>> Acesso em: 13 out. 2007.
 - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC); INSTITUTO EUVALDO LODI (IEL). **O futuro da indústria da construção civil: construção habitacional**. Coordenação: ABIKO, A. K.; GONÇALVES, O. M.; CARDOSO, L. R. de A. Brasília, 2005. Disponível em <http://pee.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1223488227.pdf> Acesso em: 27 mar. 2009.
 - MONTEIRO FILHA, D.C.; COSTA, A.C.R. da; FALEIROS, J.P.M.; NUNES, B.F. **Construção Civil no Brasil: investimentos e desafios**. In: Perspectivas do Investimento 2010 – 2013. Rio de Janeiro: BNDES, 2010. p. 300-356.
 - MORAES, F.R.de. **Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica: uma visão segundo a nova filosofia de produção**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.
 - MOREIRA, K. A. W.; REGADO, L. A. F.; MARQUES, R. J.; PEIXOTO, R. de F. F. Viabilidade da utilização do CP-IV em substituição ao CP-V-ARI-RS em estruturas pré-

fabricadas na região de Curitiba. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Anais em CD...** Bento Gonçalves: IBRACON, 2007.

- MOURA, W. A.; LIMA, M. B. L.; GAMA, J. L. C. N. da; MORATTI, M., SOUZA, F. L. dos S. Utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais (RSRO) como substituição parcial do cimento na produção de blocos pré-moldados de argamassa. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais em CD...** Florianópolis: ENTAC, 2006.
- MUMFORD, L. **A cidade na história: suas origens, transformações e perspectivas.** São Paulo: Martins Fontes, 1982 (2ª ed.)
- MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto** / coordenação geral: Alex Tort Folch; co-autor: Carlos Eduardo Emrich Melo. São Paulo: Pini, 2004.
- NASCIMENTO, L.A. do; SANTOS, E. T. **A indústria da construção na era da informação.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003.
- NEVES, A. L. **A arquitetura religiosa barroca em Pernambuco – séculos XVII a XIX.** Ano 5, maio 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos>> Acesso em: 01 jun. 2011.
- OBATA, S. H.; SOUZA, U.E.L. de. **Características geométricas relevantes para controle da qualidade dos produtos moldados de concreto armado.** São Paulo: EPUSP, 2001. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/281).
- OLIVEIRA, L.A. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- OLIVEIRA, F. G. de. **Licitações sustentáveis no subsetor de edificações públicas municipais: modelo conceitual.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
- PEREIRA, T. C. A. **Avaliação de desempenho de sistemas racionalizados de vedação para edifícios com estruturas metálicas.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.
- PEREIRA, D.P.; FERNANDES, F.L.; SILVA, G.F.; PASSONI, H.J.; SEIXAS, P.T.; FRANCHI, P.S. **Estudo Comparativo entre o índice de acidentes no trabalho na construção civil de Poços de Caldas e do Brasil.** Revista Eletrônica Gestão e Conhecimento, v. 5, n. 1, art. 1, julho/ novembro 2008. PUC Minas campus Poços de Caldas. Disponível em <<http://adm.pucpcaldas.br/revista>> Acesso: 27 mar. 2009.
- PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção.** Porto Alegre: Globo, 1978 (3ª ed.)
- PIETRA, I.F.D. FIGUEIREDO, A.D.de. **Concreto com agregados graúdos reciclados reforçado com fibras de aço.** São Paulo: EPUSP, 2006. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/424)
- PIGOZZO, B.N.; SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M.A. A influência dos pré-fabricados em concreto armado no ciclo de industrialização da construção. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais em CD...** Florianópolis: ENTAC, 2006.
- RAPOPORT, A. **“Origens Culturais da Arquitetura”** in SNYDER, J. C.; CATANESE, A. (coords.) Introdução à Arquitetura. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1984.

- RIZZON, A. C.; RUVER, C. A.; SOUZA, C. H. C. de; MASUERO, A. B. Concreto reforçado com fibras recicladas de garrafas PET: as propriedades mecânicas e a questão ambiental. In: 50º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais em CD...** Salvador: IBRACON, 2008.
- ROCHA, B.M. Arquitetura Primitiva: conceitos. **Territórios**. Disponível em: <www.territorios.org/teoria/H_conteudos.html>. Acesso em: 10 jun. 2009.
- ROCHA, B.M. Civilizações: Egito e Mesopotâmia. **Territórios**. Disponível em: <www.territorios.org/teoria/H_conteudos.html>. Acesso em: 10 jun. 2009.
- SANTOS, A. dos; PEREIRA, A.C.W. Diretrizes para a implantação de sistemas de vedação na habitação de interesse social através da modulação. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais em CD...** Florianópolis: ENTAC, 2006.
- SANTOS, D. de G. **Racionalização, industrialização e inovações tecnológicas na construção civil**. Departamento de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, 2009. (Notas de Aula: disciplina Gerenciamento de obras). Disponível em: < <http://www.dec.ufs.br/> > Acesso em: 28 jul. 2009.
- STACHERA JÚNIOR, T. **Avaliação de emissões de CO₂ na construção civil**: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado. São Carlos, nov. 2005.
- SINPROCIM-BA (Sindicato da Indústria de produtos de cimento no Estado da Bahia), **PSQ – Programa Setorial da Qualidade – Setor de Produtos Pré-fabricados**. Maio de 2003. Disponível em: <<http://www.sucab.ba.gov.br/2006/psq>> Acesso em 26 maio 2008.
- TEMOCHE-ESQUIVEL, J. F.; TOMAZETTI, R. R.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F.H. Painéis pré-fabricados de concreto em fachadas de edifícios: inovação tecnológica consolidada? In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais em CD...** Florianópolis: ENTAC, 2006.
- TÉSIO, P.R. **A evolução da engenharia civil no Brasil, nos últimos 100 anos, na construção e restauração de edificações históricas**: o caso da Estação da Luz. Monografia (Graduação) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007.
- TOKUDOME, M. **A sustentabilidade da indústria de pré-fabricados**. In: 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado. São Carlos, Nov. 2005.
- TORRES, A. da S.; AZEVEDO, A. A. de; MARTINS, M. L. C. Avaliação da eficácia do uso de diferentes tipos de cinza de casca de arroz em argamassas. In: 50º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais em CD...** Salvador: IBRACON, 2008.
- UM SENHOR conselho. **Revista do Confea**. Disponível em: <<http://www.confea.org.br/revista/>> Acesso em: 10 mar. 2009.
- VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil – Recordes – Realizações – História** (volume I) São Paulo: Pini, 1992, 2.ed.
- VITÓRIA. **Lei nº 6.705**, de 13 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor Urbano do Município de Vitória e dá outras providências. Disponível em <

<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/Arquivos/2006/L6705.PDF>>. Acesso em: 28 maio 2009.