

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

BRUNELA FRANCINE DA CUNHA

SISTEMA PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Florianópolis

2016

BRUNELA FRANCINE DA CUNHA

**SISTEMA PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Wellington Longuini Repette, Dr.

Florianópolis
2016

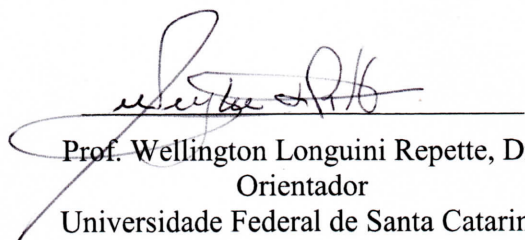
Brunela Francine da Cunha

**SISTEMA PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pela Comissão Examinadora e pelo curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 1º de dezembro de 2016.

Banca Examinadora:



Prof. Wellington Longuini Repette, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Humberto Ramos Roman, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Hélio Rodak de Quadros Júnior, Eng. Civil
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter escolhido o curso certo, a Engenharia Civil, pelo qual sou fascinada e que me trouxe diversas realizações. Agradeço também por me dar forças para que eu possa sempre correr atrás dos meus objetivos.

Agradeço à minha querida família por me ensinar a valorizar os estudos desde pequena e pelo apoio incondicional durante toda a minha graduação. Obrigada por estarem sempre dispostos a me ajudar, principalmente com palavras de reconfortantes nos momentos de angústia.

Ao professor Wellington Longuini Repette pela orientação neste trabalho e por sempre me incentivar a ir à busca de conhecimento. Aos professores do curso de Engenharia Civil da UFSC pelos ensinamentos durante a graduação e ao PET/ECV, que me possibilitou tanto desenvolvimento técnico quanto pessoal.

Ao diretor do DFO, Engenheiro Rodrigo Bossle Fagundes, por disponibilizar os documentos necessários para a elaboração do estudo de caso deste TCC. Obrigado por estar sempre disposto a ajudar e por me atender tão bem todas as vezes que fui ao Departamento.

Aos meus amigos da 11.1 pelo apoio durante todo o curso, pelos estudos em grupo, pela companhia e pelas conversas e risadas que animam o meu dia. Obrigada por terem feito com que a graduação fosse mais agradável.

A todos que de alguma forma contribuíram com a elaboração do meu TCC, muito obrigada!

RESUMO

O sistema pré-moldado de concreto apresenta-se como uma forma de se otimizar os processos utilizados na construção civil e aumentar o nível de qualidade das obras. Entretanto, edificações realizadas com esse sistema construtivo na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) vêm apresentando problemas ainda em seus primeiros anos de utilização. Em vista disso, este estudo tem como objetivo identificar e analisar os problemas existentes no prédio Espaço Físico Integrado (EFI), construído com o sistema pré-moldado de concreto na UFSC, além de apresentar sugestões de melhorias que possam minimizar, ou mesmo, evitar os problemas encontrados. Ademais, verificou-se de que forma as condições impostas pelo processo licitatório realizado na UFSC influenciam no surgimento dos problemas identificados. A coleta de dados foi realizada a partir de visitas técnicas ao prédio EFI, conversas com os gestores da edificação e com o diretor do Departamento de Fiscalização de Obras (DFO) da UFSC e análise de documentos técnicos, como memoriais de especificações, projetos complementares, arquitetônico e estrutural, fornecidos pelo DFO. Os principais problemas encontrados foram: falhas no projeto e execução das vedações das janelas e das ligações entre placas pré-moldadas, ocasionando infiltrações no edifício; projetos com nível de detalhamento insuficiente; problemas de logística das peças pré-moldadas, em consequência da distância entre a fábrica e a obra e devido à necessidade de grande área para armazenamento das peças; oxidação de dispositivos metálicos em razão da falta de proteção anticorrosiva; e incompatibilidade entre projetos. Portanto, sugere-se que os métodos e técnicas utilizados para a construção de edifícios em concreto pré-moldado na UFSC sejam revisados, de modo a evitar que os problemas citados ocorram novamente e, assim, aumentar o nível de qualidade das edificações construídas na Universidade.

Palavras-chave: Sistema construtivo; Concreto pré-moldado; Problemas de desempenho; UFSC.

ABSTRACT

Precast concrete system presents as a way of developing technologically and increasing the quality of construction sites. However, precast concrete buildings at the Federal University of Santa Catarina (UFSC) have presented problems during their first years of use. The objective of this study is to identify and analyze the problems in the building Espaço Físico Integrado (EFI), built in precast concrete at UFSC, and to present suggestions of improvements which minimize or avoid these problems. In addition, the researcher verified how the conditions imposed by the bidding process carried out at UFSC influence the emergence of the problems identified. Data collection was based on technical visits to the EFI, conversations with building managers and with the director of the Department of Construction Supervision (Departamento de Fiscalização de Obras - DFO) of UFSC and analysis of technical documents such as specifications reports, complementary, architectural and structural projects, provided by the DFO. The main problems in the building are: design and execution failures of the window and connections between precast panels seals, causing infiltration in the building; projects with insufficient detail; precast concrete parts logistics issues, as a consequence of the distance between the factory and the construction site and due to the necessity of large area for the storage; oxidation of metal devices due to the lack of corrosion protection; and incompatibility between projects. Therefore, methods and techniques used for the construction of precast concrete buildings at UFSC should be revised, in order to avoid the problems mentioned and to increase the quality of the buildings constructed in the University.

Keywords: Constructive system; Precast concrete; Performance issues; UFSC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Construção pré-fabricada na Polônia no período pós-guerra.....	21
Figura 2 - Pavilhão do Cortume Franco-Brasileiro, em fase inicial de construção.....	23
Figura 3 - Edifícios do CURSP (Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo)	24
Figura 4 - Edifício Blue Tree Towers com painéis pré-fabricados de concreto.....	25
Figura 5 - Estrutura aporticada pré-moldada.....	30
Figura 6 - Estrutura pré-moldada em esqueleto.....	31
Figura 7 - Exemplo de estrutura pré-moldada em esqueleto	31
Figura 8 - Estrutura em painéis combinada com estrutura em esqueleto	32
Figura 9 - Construção com painéis com aberturas para esquadrias.....	33
Figura 10 - Exemplos de estruturas pré-moldadas para pisos	33
Figura 11 - Estrutura pré-moldada para fachada	34
Figura 12 - Fachada com elementos e painéis pré-moldados.....	35
Figura 13 - Esquema de construção utilizando o sistema celular.....	36
Figura 14 - Seções típicas de pilares pré-moldados	39
Figura 15 - Pilar com passagem de água pluvial	40
Figura 16 - Exemplos de vigas pré-moldadas	41
Figura 17 - Tipos de lajes pré-moldadas	42
Figura 18 - Exemplo de escada pré-moldada reta	44
Figura 19 - Exemplos de escadas pré-moldadas tipo monobloco	44
Figura 20 - Seções típicas de estacas pré-moldadas de concreto	45
Figura 21 - Tipos de ligação pilar-fundação pré-moldados.....	47
Figura 22 - Ligação por meio de cálice - encunhamento do pilar	47
Figura 23 - Alternativas para ligações entre pilares	49
Figura 24 - Exemplo de ligações em lajes alveolar e duplo T.....	50
Figura 25 - Viga I apoiada sobre consolo trapezoidal.....	50
Figura 26 - Vigas com dente Gerber apoiadas sobre consolos retangulares	51
Figura 27 - Redução na seção do pilar para apoio de viga e consolo trapezoidal.....	51
Figura 28 - Junta de um estágio.....	53
Figura 29 - Junta de dois estágios.....	54
Figura 30 - Opções de painéis com janela.....	55
Figura 31 - Fachada com grande área de janelas.....	56
Figura 32 - Fixação de janelas em painéis pré-moldados.....	57

Figura 33 - Fixação da janela em painel alveolar	58
Figura 34 - Pingadeiras em edificações em concreto pré-moldado	59
Figura 35 - Transporte de pilar com 35 metros de altura	61
Figura 36 - Mapa da UFSC com a localização do prédio EFI.....	69
Figura 37 - Prédio EFI e seus principais acessos	70
Figura 38 - O prédio EFI	70
Figura 39 - Montagem da estrutura	71
Figura 40 - Execução da alvenaria	72
Figura 41 - Estacionamento onde ficaram armazenadas as peças pré-fabricadas	74
Figura 42 – Foto do estacionamento onde ficaram armazenadas as peças pré-fabricadas.....	75
Figura 43 - Disparidade nas espessuras das juntas entre painéis.....	76
Figura 44 - Junta vertical com 9 cm de espessura	77
Figura 45 - Junta horizontal com 3 cm de espessura.....	77
Figura 46 - Detalhe da vedação vertical entre painéis.....	78
Figura 47 - Infiltração ocorrida pela junta entre as placas pré-moldadas.....	80
Figura 48 - Desenho explicativo da Figura 47	80
Figura 49 - Aplicação incorreta do mastique na ligação entre viga e pilar	81
Figura 50 - Detalhe mostrando os brises no projeto arquitetônico.....	82
Figura 51 - Fachadas norte e sul sem brises ou marquises.....	83
Figura 52 - Janelas da sala 504 cobertas por papel pardo	83
Figura 53 - Projeto executivo das janelas	84
Figura 54 - Mancha nos pisos próximos às janelas na sala 304	85
Figura 55 - Mancha nos pisos próximos às janelas na sala 501	86
Figura 56 - Piso parcialmente descolado na sala 501	86
Figura 57 - Placas de borracha enrugadas na área de circulação do 5º andar	87
Figura 58 - Dispositivo metálico corroído - fixação das placas pré-moldadas	88
Figura 59 - Dispositivo metálico corroído - fixação das placas de canto.....	89
Figura 60 - Alça de içamento cortada.....	90
Figura 61 - alça de içamento exposta	90
Figura 62 - Detalhe de projeto das alças de içamento	91
Figura 63 - Detalhe da porta corta fogo do projeto preventivo contra incêndio	92
Figura 64 - Porta corta-fogo com dimensões 80 cm x 188 cm.....	93
Figura 65 - Viga de escada acima da porta corta-fogo	94
Figura 66 - Letreiro da porta corta-fogo.....	95

Figura 67 - Parede com tinta descascada.....	96
Figura 68 - Porta do banheiro quebrada	97
Figura 69 - Azulejo e reboco quebrados.....	97
Figura 70 - Falta da torneira em banheiro	98
Figura 71 - Tomada sem tampa de proteção.....	98
Figura 72 - Falta do piso para deficientes visuais	99
Figura 73 - Falhas existentes nas placas pré-moldadas	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tolerâncias de fabricação para elementos pré-moldados.....	38
Quadro 2 - Dimensões comuns para painés pré-modados.....	43
Quadro 3 - Recomendação de largura mínima de juntas.....	55

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABCIC	Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional da Habitação
BOK	<i>Body of Knowledge</i> (Conjunto de Conhecimentos)
CAAd	Coordenadoria de Apoio Administrativo
CDS	Centro de Desportos
CFM	Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
CFO	Coordenadoria de Fiscalização de Obras
cm	centímetros
CPM	Concreto Pré-Moldado
CSE	Centro Socioeconômico
DFO	Departamento de Fiscalização de Obras
DMPI	Departamento de Manutenção Predial e de Infraestrutura
DOMP	Departamento de Obras e Manutenção Predial
DPAE	Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia
EFI	Espaço Físico Integrado
ETUSC	Escritório Técnico Administrativo da UFSC
fck	Resistência característica do concreto à compressão
m	metros
MEC	Ministério da Educação
mm	milímetros
NBR	Norma Brasileira
PET/ECV	Programa de Educação Tutorial de Engenharia Civil
PCI	<i>Precast/Prestressed Concrete Institute</i> (Instituto de Concreto Pré-moldado e Protendido)
PROINFRA	Pró-Reitoria de Infra-Estrutura
PROPLAN	Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento
REUNI	Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCU	Tribunal de Contas da União

UFSC

Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	17
1.3	JUSTIFICATIVA	17
1.4	ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	GENERALIDADES SOBRE O CONCRETO PRÉ-MOLDADO.....	19
2.1.1	Breve histórico mundial	19
2.1.2	Breve histórico nacional	22
2.1.3	Definição de pré-moldado e pré-fabricado.....	25
2.1.4	Vantagens e desvantagens do uso de pré-moldados de concreto	26
2.2	SISTEMAS ESTRUTURAIS PRÉ-MOLDADOS.....	29
2.2.1	Estruturas aporticadas.....	30
2.2.2	Estruturas em esqueleto	30
2.2.3	Sistemas de painéis estruturais	32
2.2.4	Estruturas para pisos	33
2.2.5	Sistemas para fachada.....	34
2.2.6	Sistemas celulares.....	35
2.3	ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS	36
2.3.1	Pilares	39
2.3.2	Vigas.....	40
2.3.3	Lajes	41
2.3.4	Painéis de fechamento	42

2.3.5	Escadas	43
2.3.6	Fundações	44
2.4	LIGAÇÕES ENTRE ELEMENTOS	45
2.4.1	Ligação pilar-fundação	46
2.4.2	Ligação entre pilares.....	48
2.4.3	Ligação entre lajes	49
2.4.4	Ligação viga-pilar e laje-viga.....	50
2.4.5	Juntas de ligação.....	52
2.4.6	Ligação esquadria-painel.....	55
2.5	LOGÍSTICA	59
2.6	CONTRATAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS	63
3	ESTUDO DE CASO	68
3.1	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	68
3.2	DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	69
3.3	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	72
3.3.1	Processo licitatório e logística da construção	72
3.3.2	Ligação entre elementos	75
3.3.3	Proteção das janelas: brises, marquises e vedação	81
3.3.4	Dispositivos metálicos.....	88
3.3.5	Projeto preventivo contra incêndio.....	91
3.3.6	Qualidade dos materiais e manutenção predial	95
3.4	CONSIDERAÇÕES	101
4	CONCLUSÕES.....	102
5	REFERÊNCIAS	104

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma indústria atrasada quando comparada a outros setores industriais. Em geral, isso se deve principalmente em virtude dessa área apresentar baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade (EL DEBS, 2000). Entretanto, ainda há um grande potencial de otimização dos processos e melhoria na utilização dos recursos e, considerando o mercado competitivo em que a construção civil está inserida atualmente, essas mudanças são extremamente necessárias.

Nesse contexto, surge a definição de desenvolvimento tecnológico: “processo de aperfeiçoamento de métodos, processos e sistemas construtivos, materiais e componentes, e de técnicas de construção, de planejamento e controle das operações construtivas que representem uma inovação tecnológica para o setor” (SABBATINI, 1989 apud OLIVEIRA, 2002, p. 6). Considerando a definição acima, uma das formas de se otimizar os procedimentos utilizados na construção civil é modificar o processo artesanal para um processo mais industrializado.

Atualmente, a pré-fabricação apresenta-se como a forma mais difundida e viável de industrialização na construção. Esse sistema construtivo pode aumentar significativamente a qualidade nos canteiros de obras, uma vez que, se utilizado de forma adequada, é possível obter melhor controle ao longo da produção, redução no tempo de execução, materiais de boa qualidade e durabilidade e menos desperdício, tornando as obras mais organizadas e seguras.

Entretanto, apesar das vantagens supracitadas e de estar presente no mercado nacional e internacional há mais de cinquenta anos, esse sistema construtivo ainda não foi completamente consolidado no Brasil (OLIVEIRA, 2002). De acordo com Albuquerque e Senden (2005) aproximadamente 70% das construções em pré-moldados não foram concebidas para o sistema, mas sim adaptadas de projetos para concreto moldado *in loco*. Stucchi (2004) também afirma que a quantidade de publicações sobre o assunto é relativamente pequena.

O pouco conhecimento do sistema, das suas possibilidades e dos seus benefícios por parte dos integrantes da cadeia produtiva da construção civil pode fazer com que as obras executadas nesse sistema apresentem problemas. Isso tende a se agravar ainda mais no caso de construções públicas, onde os engenheiros precisam fiscalizar diversas obras e muitas vezes não há um controle adequado, principalmente quando se trata de uma técnica não convencional.

Diante do panorama apresentado, pretende-se com a presente pesquisa compreender o funcionamento do sistema de pré-moldados de concreto e identificar e analisar os problemas existentes em edifícios públicos construídos com esse sistema construtivo, em especial no edifício EFI (Espaço Físico Integrado) na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A

partir dessa análise serão propostas melhorias ao processo, visando evitar possíveis problemas em futuras construções na Instituição.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A Universidade Federal de Santa Catarina foi fundada em 18 de dezembro de 1960 com o objetivo de promover o ensino, a pesquisa e a extensão. Apesar de seu objetivo continuar o mesmo, a estrutura da Universidade é muito diferente daquela verificada há 56 anos. A comunidade acadêmica vem se expandindo consideravelmente, principalmente a partir de 2008 com a instituição do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), do Ministério da Educação (MEC). Hoje a UFSC possui cinco *campi*, sendo quatro localizados no interior do estado nas cidades de Joinville, Curitiba, Araranguá e Blumenau e o *campus* sede em Florianópolis, denominado Professor Reitor João David Ferreira Lima (UFSC, 2015).

Para acompanhar o crescimento na quantidade de professores, técnicos-administrativos, e, principalmente, de estudantes, que eram aproximadamente 35 mil em 2008 e em 2014 passaram dos 42 mil, a expansão da estrutura física da Universidade tornou-se necessária (UFSC, 2014). Considerando esse aspecto, desde 2008 foram concluídos 151 contratos de obras na UFSC, sendo a maioria deles, 126 contratos, no *campus* sede em Florianópolis. Essas obras incluem novos prédios para salas de aula, sala de professores, laboratórios, ampliações, reformas, adequações entre outras obras de engenharia (UFSC, 2016a).

Nesse cenário de expansão, foi criado em 2013 o Departamento de Fiscalização de Obras (DFO), vinculado à Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento (PROPLAN), o qual atua nas atividades de contratação, controle de pagamento, fiscalização e acompanhamento das obras executadas na UFSC. Esse Departamento conta com duas coordenadorias: Coordenadoria de Fiscalização de Obras (CFO) e Coordenadoria de Apoio Administrativo (CAAd) (UFSC, 2016b).

A CFO tem como funções:

Organizar, coordenar, dirigir, controlar e fiscalizar a execução de obras de engenharia da UFSC; controlar e avaliar a qualidade dos materiais fornecidos e dos serviços prestados pelas empresas contratadas; estabelecer um programa de fiscalização para cada obra a ser iniciada na UFSC (UFSC, 2016c).

Essa coordenadoria conta com um coordenador seis engenheiros civis e quatro engenheiros eletricitas (UFSC, 2016c).

Já as competências da CAAd são:

Secretariar as atividades do Departamento de Fiscalização de Obras; controlar os pagamentos de obras de engenharia; controlar o saldo orçamentário do órgão; registrar e controlar processos administrativos; controlar as atividades auxiliares de pessoal; organizar e controlar o arquivo de documentos administrativos e processos de licitações de obras de engenharia até o recebimento definitivo do objeto (UFSC, 2016d).

A CAAd é composta por um coordenador e dois assistentes em administração (UFSC, 2016d). Além disso, o DFO conta com um diretor, responsável por manter o contato com as outras instâncias da UFSC e por supervisionar, direcionar e coordenar a fiscalização da execução de obras de engenharia na Instituição (UFSC, 2016e).

Apesar de almejar sempre a excelência do nível de qualidade na execução dos serviços, o DFO vem enfrentando um desafio diário de acompanhar o ritmo de crescimento da UFSC, pois essa é uma época de grandes investimentos em infraestrutura e, conseqüentemente, há um considerável número de obras sendo executadas na Instituição (UFSC, 2016b). Além disso, diferentemente do que ocorre na contratação de obras privadas, a contratação de insumos (material, equipamentos e mão de obra) no setor público é decidida, por exigência legal, com base em regras previstas em editais de licitação que, por vezes, dificulta que a escolha dos insumos seja realizada pelo quesito da qualidade.

Enfim, a partir dessas considerações, espera-se que os resultados do estudo possam responder a seguinte pergunta de pesquisa: **Quais são os problemas existentes no edifício EFI, construído em pré-moldado de concreto na UFSC, e de que forma eles poderiam ser evitados?**

1.2 OBJETIVOS

Apresenta-se a seguir os objetivos geral e específicos os quais direcionam a pesquisa e foram elaborados a fim de encontrar-se respostas aos problemas investigados.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é analisar os problemas existentes no prédio EFI, construído em concreto pré-moldado na UFSC, e suas implicações,

visando sugerir melhorias que elevem o padrão de qualidade das construções realizadas na mencionada Universidade.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Elaborar fundamentação teórica sobre o sistema de construção pré-moldada, com base na literatura disponível, tendo em vista que esse tema ainda é pouco difundido academicamente, se comparado ao concreto armado convencional, moldado *in loco*;
- b) Caracterizar o processo licitatório de obras da UFSC, objetivando verificar possíveis influências no surgimento de problemas em edifícios do *campus* sede da referida Instituição;
- c) Identificar falhas e problemas existentes na edificação investigada, suas consequências e o motivo pelo qual ocorreram;
- d) Apresentar sugestões de melhorias contendo as ações necessárias para minimizar, ou mesmo, evitar os problemas encontrados, com o intuito de colaborar para a construção de edifícios com maior nível de qualidade no âmbito da UFSC.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com ROESCH (2009), pode-se justificar uma pesquisa considerando sua importância, oportunidade e viabilidade, fatores que muitas vezes estão interligados.

A **importância** deste TCC deve-se ao fato de que há uma aplicação prática para seus resultados. A análise técnica realizada no estudo de caso poderá ser utilizada pelos integrantes do DPAE (Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia) e do DFO, auxiliando na tomada de decisão relativa ao sistema construtivo mais adequado para os prédios da UFSC e evitando problemas em futuras obras em concreto pré-moldado. Dessa forma, considera-se que esta pesquisa trará benefícios à comunidade universitária e demais pessoas que utilizam o espaço físico da UFSC. Além disso, este estudo proporcionará à pesquisadora conhecimentos específicos, nesse caso, na área de pré-moldados de concreto, que não foram oportunizados aos alunos durante a graduação, sendo essa, uma das finalidades da elaboração do TCC.

A **oportunidade** surgiu a partir do conhecimento prévio da pesquisadora em relação à existência de manifestações patológicas nos edifícios da UFSC. A pesquisadora estuda na UFSC há 5 anos e já realizou investigações na área de Patologia, inclusive em outros prédios da Universidade, durante sua participação no Programa de Educação Tutorial de Engenharia

Civil (PET/ECV). Ademais, conversas com o Diretor do DFO da UFSC confirmaram a existência dos problemas no Espaço Físico Integrado (EFI), motivando o interesse em realizar esta pesquisa, principalmente devido ao fato do EFI ser uma construção recente, finalizada em 2012.

Quanto à **viabilidade**, destaca-se que a pesquisa não demandou nenhum custo, uma vez que foi realizada na própria UFSC. Esse aspecto, aliás, contribuiu para sua execução, pois a pesquisadora conhece a estrutura física da Universidade e, além disso, o edifício investigado encontra-se no *campus* onde ela estuda, facilitando a coleta de dados. O acesso aos projetos e documentos necessários à realização da pesquisa também não foi um problema, visto que os departamentos da UFSC que possuem essas informações se prontificaram a disponibilizá-los à pesquisadora.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo encontra-se dividido em quatro capítulos, organizados de forma a atingir os objetivos da pesquisa.

No primeiro capítulo, apresenta-se a introdução, que inicia com uma breve exposição sobre a construção civil e a pré-moldagem. Na sequência, retrata-se o problema de pesquisa, contextualizando a situação em que se encontra a instituição onde o trabalho será realizado e finalizando com a pergunta de pesquisa. Em seguida, apresentam-se os objetivos, geral e específico, bem como a justificativa, baseada na importância, oportunidade e viabilidade deste estudo.

No capítulo dois desenvolve-se a fundamentação teórica, apresentando os temas considerados relevantes para o TCC. Inicia-se com as generalidades sobre concreto pré-moldado, logo após, trata-se da parte técnica do sistema e, finalmente, faz-se um arrazoadado sobre licitação de obras públicas.

No capítulo três apresenta-se o estudo de caso realizado no prédio EFI. Inicia-se esse capítulo com os procedimentos metodológicos e na sequência apresenta-se a descrição do objeto de estudo. Logo após, mostra-se os dados coletados e o resultado de sua análise, além de propostas de como evitar que os problemas encontrados se repitam futuramente. Finalmente, no capítulo quatro expõem-se as conclusões finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica aborda-se os temas considerados relevantes para uma compreensão geral sobre o sistema de pré-moldados. Inicia-se com o histórico sobre o tema, descrição de conceitos e vantagens e desvantagens da sua utilização. Logo após, apresenta-se a parte técnica do concreto pré-moldado e suas particularidades com relação a sistemas, elementos, ligações e logística. Posteriormente, expõe-se informações sobre contratação de obras públicas, fundamentais para o estudo de caso realizado na UFSC.

2.1 GENERALIDADES SOBRE O CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Para se compreender o progresso na utilização de concreto pré-fabricado, suas vantagens e aspectos que ainda precisam ser melhorados, é necessário considerar como ocorreu o surgimento da industrialização na construção civil e a evolução da pré-fabricação no mundo. Por conseguinte, inicia-se a fundamentação teórica com um histórico mundial sobre o tema. Posteriormente, apresenta-se a inserção do sistema construtivo no Brasil e as obras nacionais de destaque. Na sequência, são apresentadas as definições conceituais importantes para este estudo e das vantagens e desvantagens do uso de pré-moldados de concreto.

2.1.1 Breve histórico mundial

A industrialização está ligada à organização e à produção em série, as quais devem ser analisadas de forma ampla, considerando as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção. Por conseguinte, a evolução da industrialização pode ser dividida em três fases. A primeira fase está relacionada ao nascimento das máquinas genéricas ou polivalentes. Contudo, devido ao fato das máquinas poderem ser comandadas livremente, sua utilização se assemelha ao antigo processo de produção artesanal, distinguindo-se apenas por serem movidas por uma energia que se difere da muscular ou natural localizada, como a força da água (BRUNA, 1976).

A segunda fase é caracterizada pela substituição do homem pela máquina “motorizada e regulada” e pela divisão do trabalho em atividades unitárias mais simples. Com isso, o operador da máquina repete continuamente determinadas operações, limitando seu raciocínio e sensibilidade. Finalmente, a terceira fase, que iniciou por volta de 1950 e deu origem à Segunda

Revolução Industrial. Nessa fase, há uma substituição gradual das atividades que o homem exercia sobre a máquina, por mecanismos automatizados (BRUNA, 1976).

Para a construção civil, os resultados da terceira fase são interessantes, pois pode-se adequar a produção às exigências de cada obra. Entretanto, vale ressaltar que o setor apresenta algumas peculiaridades não encontradas em outros ramos industriais, o que pode dificultar o processo de industrialização. Dentre essas diferenças, pode-se citar: o uso intensivo de mão-de-obra, muitas vezes não qualificada; o grande porte do produto final; o menor detalhamento nas especificações de produtos e processos; a variedade de processos em uma mesma obra e a interação com a natureza e fatores condicionantes locais (MARCHIORI, 2016).

De acordo com Vasconcelos (2002) a origem do concreto pré-moldado (CPM) está diretamente ligada com a origem do concreto armado, pois os primeiros elementos em concreto armado foram moldados fora de seu local de uso. El Debs (2000) considera que as primeiras aplicações da pré-moldagem foram o barco de Lambot (1848) e os vasos de flores de Joseph Monier (1849), que substituiu seus vasos de madeira e cerâmica pelo concreto armado, devido a sua maior durabilidade. Posteriormente, ocorreu a primeira aplicação de pré-moldados na área de construção civil, as vigas utilizadas na construção do Cassino de Biarritz, em Paris, na França, em 1891.

Conforme El Debs (2000), por volta de 1900 surgiram os primeiros elementos pré-moldados de grandes dimensões utilizados em coberturas nos Estados Unidos e em 1905 foram executadas peças pré-moldadas de piso para um edifício de quatro andares. Ainda nos Estados Unidos, em 1907, produziu-se em canteiro todos os elementos em CPM necessários para a construção de uma edificação industrial e, no mesmo ano, iniciou-se a aplicação do sistema *Tilt-up*, produção de paredes pré-moldadas na posição horizontal próximo ao local definitivo, que são posteriormente erguidas e posicionadas na vertical.

Na Europa, tem-se a primeira construção de estrutura apertada em concreto pré-moldado em 1895, na Inglaterra. Em 1906, começa a produção de vigas treliça denominadas “Visitini” e estacas pré-moldadas de concreto armado. Entretanto, a intensificação na utilização de pré-moldados ocorreu apenas após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), quando muitos países encontravam-se destruídos e devastados. A necessidade de construção em grande escala, o desenvolvimento do concreto protendido e a escassez de mão-de-obra impulsionaram o uso desse sistema, principalmente em habitações, galpões e pontes, inicialmente na Europa Ocidental e posteriormente na Europa Oriental (EL DEBS, 2000). A partir dessa época, Salas (1988) divide a utilização de concreto pré-fabricado em três períodos:

- a) Primeiro Período - de 1950 a 1970 - Nesse período, houve a necessidade de se construir com urgência edificações habitacionais, escolares, hospitalares e industriais devido à devastação causada pela guerra. Com isso, inicia-se a produção de pré-moldados no sistema de ciclo fechado, no qual todos os elementos procediam do mesmo fornecedor e eram destinados apenas para determinado tipo de empreendimento. Isso fez com que fossem criadas edificações repetitivas, uniformes e com pouca flexibilidade arquitetônica, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Construção pré-fabricada na Polônia no período pós-guerra



Fonte: Graziozzi (2001) apud Boiça (2006)

- b) Segundo Período - de 1970 a 1980 - Etapa caracterizada por acidentes em edificações construídas com grandes painéis pré-fabricados, principalmente em edifícios residenciais, como por exemplo o “Ronan Point”, na Inglaterra, que ruiu parcialmente após a explosão de um botijão de gás. Os acidentes resultaram em uma rejeição social ao sistema construtivo e, nesse contexto, iniciou-se o declínio do ciclo fechado de produção. Como consequência, houve uma profunda revisão com relação aos processos construtivos com elementos pré-fabricados.
- c) Terceiro Período - após 1980 - Período marcado, primeiramente, pela demolição de grandes conjuntos habitacionais devido ao quadro crítico ocorrido no segundo período. Entretanto, começa a se consolidar um diferente sistema de produção de pré-moldados, o ciclo aberto. Nesse novo sistema, elementos de diferentes fabricantes são compatíveis, focando nas necessidades do mercado e favorecendo a flexibilidade na construção. Além disso, novas técnicas, tecnologias e processos de fabricação começaram a ser criados.

Com o crescimento da indústria de concreto pré-moldado e concreto protendido no começo dos anos 50, tornou-se essencial a criação de uma organização que unificasse esse ramo da construção civil. Então, em junho de 1954 foi fundado em Tampa, na Flórida, o Instituto de Concreto Pré-Moldado e Protendido, PCI (*Precast/Prestressed Concrete Institute*). O PCI desenvolve, mantém e divulga o conjunto de conhecimentos (*Body of Knowledge* - BOK) necessários para a concepção, fabricação e construção de estruturas de concreto pré-moldado. Em 1959, o PCI mudou sua sede para Chicago, onde se localiza até hoje (PCI, 2016, tradução nossa).

2.1.2 Breve histórico nacional

De acordo com Vasconcelos (2002), a primeira grande obra que utilizou elementos pré-moldados em sua construção no Brasil foi o hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro, executada pela firma construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen em 1926. As estacas da fundação do hipódromo foram moldadas no próprio canteiro de obras e constituíram um recorde sul-americano, 8 quilômetros de estacas com comprimentos variados de até 24 metros. Para a estrutura do muro de fechamento, utilizou-se pilares com ranhuras nas laterais, onde foram encaixadas placas de concreto uma sobre as outras até atingir a altura de 2,5 metros.

Com a pré-fabricação realizada no canteiro, a empresa precisou de um planejamento minucioso, a fim de não prolongar demasiadamente o tempo de execução da obra. Para isso, utilizou-se cimento Portland dinamarquês Aarlborg de modo a se conseguir em apenas 3 dias a resistência de concreto normalmente alcançada em 28 dias (VASCONCELOS, 2002).

Apesar do uso de pré-moldados no Hipódromo da Gávea em 1926, a preocupação com a racionalização e a industrialização de sistemas construtivos ganhou forças apenas na década de 50 (SERRA, FERREIRA e PIGOZZO, 2005). Nessa época, a Construtora Mauá executou vários galpões pré-moldados no próprio canteiro de obra, com processos que economizavam tempo e espaço. Sua primeira obra pré-moldada em canteiro foi o Cortume Franco-Brasileiro, em Barueri, onde utilizou-se tesouras em forma de viga Vierendeel curva e pilares laterais em V, formando uma estrutura leve e original (Figura 2). Devido à utilização de pré-moldagem, a obra foi finalizada 10 meses antes do prazo final, surpreendendo os proprietários dos pavilhões (VASCONCELOS, 2002).

Figura 2 - Pavilhão do Cortume Franco-Brasileiro, em fase inicial de construção



Fonte: Vasconcelos (2002)

Outras obras importantes podem ser citadas, como: os pavilhões da fábrica ELCOR, em Rio Grande da Serra, São Paulo, construídos com pórticos protendidos; a fábrica de transformadores AEG, em Jundiaí, São Paulo, com vigas inclinadas no telhado, banzos curvos em concreto armado e diagonais em perfis L de aço; e o pavilhão da Atlas-Copco, em Santo Amaro, São Paulo, com cobertura em arcos tri-articulados com tirantes nos pilares (VASCONCELOS, 2002).

Segundo Vasconcelos (2002), a primeira obra de pré-moldados com múltiplos pavimentos no Brasil foi o CRUSP (Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo) da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, em São Paulo, construído em 1964 (Figura 3). O CRUSP é constituído por 12 prédios de 12 pavimentos cada, projetados para abrigar estudantes de outras cidades que ingressassem nas faculdades da Universidade. Porém, com a proximidade dos Jogos Pan-americanos na cidade, decidiu-se utilizar os edifícios como alojamento para os atletas. Essa decisão fez com que o prazo de entrega da obra fosse muito curto e, por esse motivo, a firma Ribeiro Franco S. A. apresentou uma proposta em pré-moldados. A organização optou por executar seis edifícios em concreto pré-moldado e os outros seis com o sistema convencional, concreto moldado *in loco*, devido a desconfiança com o novo sistema construtivo.

Figura 3 - Edifícios do CURSP (Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo)



Fonte: USP (2010)

Em consequência da falta de experiência dos engenheiros, tanto no cálculo quanto na execução das estruturas pré-moldadas e da carência de treinamento dos operários, desabitados com esse sistema construtivo, as obras em pré-moldados foram finalizadas depois do prazo, diferentemente das seis obras onde utilizou-se o sistema convencional. Contudo, apesar dos imprevistos e problemas, as edificações apresentaram um resultado satisfatório (VASCONCELOS, 2002).

Em 1966, o governo brasileiro criou o Banco Nacional da Habitação (BNH), com o intuito de impulsionar o setor da construção civil e reduzir o déficit habitacional ocorrido em virtude do alto índice de crescimento da população urbana (SERRA, FERREIRA e PIGOZZO, 2005). Oliveira (2002) afirma que, a princípio, o BNH desestimulou o uso da pré-fabricação, visando maior geração de empregos nos canteiros de obra. Contudo, a partir da metade dos anos 70, o BNH passou a estimular a utilização de novas tecnologias, entre elas o CPM. Nessa época foram executados alguns edifícios experimentais com o uso de CPM, como o Narandiba, na Bahia, em 1978, o Carapicuíba VII, em São Paulo, em 1980 e o de Jardim São Paulo, em São Paulo, em 1981. Entretanto, os edifícios apresentaram muitas manifestações patológicas e problemas de ordem funcional, sendo que alguns deles acabaram sendo demolidos.

Devido ao insucesso no uso de pré-moldados de concreto na época, sua utilização foi praticamente inexistente após 1985, retornando apenas nos anos 90 principalmente em São Paulo (SERRA, FERREIRA e PIGOZZO, 2005). Segundo Oliveira (2002) a demanda por hotéis, *flats* e shopping centers na cidade atraiu investidores interessados na execução de obras que viabilizem rapidamente a utilização dos empreendimentos. Ademais, a exigência de fachadas com acabamentos mais requintados favorece a utilização de painéis arquitetônicos em concreto pré-fabricado devido à qualidade estética do produto final. A Figura 4 mostra um

exemplo de utilização de painéis arquitetônicos pré-fabricados de concreto, no edifício Blue Tree Towers Morumbi, construído na cidade de São Paulo.

Figura 4 - Edifício Blue Tree Towers com painéis pré-fabricados de concreto



Fonte: Oliveira (2002)

Com a ampliação do mercado da construção industrializada no Brasil, fundou-se, em outubro de 2001, a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC). A associação conta com o apoio da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) e tem como objetivo “difundir e qualificar os pré-moldados de concreto destinados a estruturas, fachadas e fundações” (ABCIC, 2016). A ABCIC investe em pesquisa e desenvolvimento no setor, com a realização de cursos, seminários, revisão de normas técnicas, entre outros, além de promover certificações e a integração com entidades internacionais da área (ABCIC, 2016).

2.1.3 Definição de pré-moldado e pré-fabricado

A NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (2006, p. 3; p. 36) diferencia elementos pré-moldados de elementos pré-fabricados com as seguintes definições:

- Elemento pré-moldado - “Elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura, [] para o qual se dispensa a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias”;
- Elemento pré-fabricado - “Elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim [...]”.

Portanto, de acordo com a Norma, pré-moldado é um conceito mais amplo, utilizado para definir qualquer elemento executado fora de sua localização definitiva. Em contrapartida, pré-fabricação é um processo executado em local que permite condições mais rigorosas de controle, e que conseqüentemente, de forma geral, produz peças de maior qualidade.

A NBR 9062 (2006) ainda fornece especificações e requisitos mínimos para as etapas de produção, transporte e montagem. No caso da produção de pré-fabricados, a mão de obra deve ser treinada e especializada e o processo deve ser racionalizado com uso de máquinas e equipamentos industriais e cura com temperatura controlada. Além disso, a matéria prima deve ser qualificada por meio de inspeção no recebimento e ensaios em laboratório e deve-se demonstrar a conformidade do produto final com relação à Norma.

2.1.4 Vantagens e desvantagens do uso de pré-moldados de concreto

Munte (2004) e Albuquerque e El Debs (2005) afirmam que a industrialização dos processos executivos da construção civil e a utilização do concreto pré-moldado são uma forte tendência. O grande número de obras realizadas nos Estados Unidos e Europa atestam a viabilidade econômica, técnica e estética do sistema. Esses fatores estão atrelados as seguintes vantagens:

- a) Rapidez na execução - A agilidade e alta produtividade são obtidas abandonando-se processos artesanais e aumentando progressivamente a industrialização. Com isso, consegue-se reduzir o tempo da obra para um terço, fazendo com que a utilização de pré-moldados ganhe cada vez mais mercado em obras de edifícios de escritórios, hotéis e shopping centers, onde se necessita da construção rápida para que se comece a obter um retorno financeiro (MOREIRA FILHO, 2000);
- b) Qualidade dos materiais - O rigoroso controle na produção do concreto, com dosagens precisas, a montagem da armadura, a utilização de formas metálicas e a maior eficácia na mistura do concreto resultam em peças com maior precisão dimensional e qualidade. Além disso, pode-se obter peças com alta resistência através do uso de concreto de alto desempenho e protensão em vigas e lajes (ACKER, 2002).
- c) Durabilidade - Na indústria, obtém-se concretos com menor tempo de cura e alta resistência inicial. Ademais, em um processo mais controlado consegue-se reduzir o valor água/cimento, produzindo concretos menos permeáveis e, conseqüentemente, com maior durabilidade (MUNKELT, 2010, tradução nossa);

- d) Redução do desperdício - A análise prévia dos detalhes durante a produção das peças, reduzindo adaptações e improvisações em obra e a utilização de formas metálicas auxiliam na redução do desperdício, executando-se uma obra mais limpa e sustentável (GIL, 2000);
- e) Redução no uso de formas, escoramento e estoques - Como as peças chegam prontas na obra, não há a necessidade do uso de formas de madeira e dispensa-se, na maioria dos casos, o uso de escoras durante a montagem. Além disso, o canteiro de obras não precisa ter áreas para estoque de matéria-prima, como cimento, brita e areia;
- f) Menor dependência das condições meteorológicas - Como parte da produção será realizada em fábrica, reduz-se o tempo de execução no canteiro de obras e a interação com a natureza, o que faz com que a produção não seja demasiadamente afetada por chuvas, dias de calor excessivo e outras condições adversas do clima (ACKER, 2002).
- g) Redução no risco de acidentes - Com o uso de elementos pré-moldados reduz-se o número de operários em obra, local com grandes riscos de acidentes de trabalho. Além disso, Silva (2003) afirma que a implementação dos programas de segurança no trabalho ocorre de maneira mais fácil nas fábricas.
- h) Flexibilidade arquitetônica - Ao contrário do pensamento generalizado que a pré-fabricação está ligada a peças iguais e retas, hoje em dia há uma diversidade de painéis, estruturas e acabamentos, com diferentes formas, texturas e cores (MOREIRA FILHO, 2000).

Entretanto, de acordo com Albuquerque e El Debs (2005) 70% das obras pré-moldadas, em média, não são concebidas originalmente para a utilização do sistema, e sim, adaptadas de uma solução para estruturas de concreto moldadas *in loco*. Isso demonstra pouco conhecimento do sistema e suas possibilidades, principalmente por parte daqueles que realizam os projetos iniciais. A falta de conhecimento e experiência para projeto e execução de obras em pré-moldados pode ser considerada, então, uma das desvantagens em relação ao uso do concreto convencional, moldado *in loco*.

Outras desvantagens do uso desse sistema podem ser citadas, como:

- a) Maior custo - De forma geral, o custo de uma obra em pré-moldado é maior do que a mesma obra em concreto convencional. Um exemplo dessa constatação pode ser verificado no estudo de caso realizado por Carneiro (2013). Para uma central de logística composta por galpões, o custo da edificação pré-fabricada é 43,23% maior que a moldada *in loco*, quando não se considera as perdas do sistema convencional; 10,18% maior considerando as perdas existentes e 7,48% maior levando-se em conta

perdas e juros com empréstimos no sistema convencional. Mesmo quando os cálculos consideram as vantagens do concreto pré-moldado em valores monetários, seu custo final ainda é maior;

- b) Transporte das peças – El Debs (2000) afirma que dentre as desvantagens decorrentes da colocação das peças nos locais definitivos de utilização estão o custo e as limitações do transporte. O tamanho das peças é restringido pelo tipo de transporte a ser utilizado. Além disso, o transporte de peças prontas é mais caro e exige um maior cuidado que o transporte de matéria-prima para a execução tradicional. Esses fatores podem inviabilizar o uso de pré-moldados no caso da necessidade de um longo deslocamento até o canteiro de obra;
- c) Esforços solicitantes em situações transitórias - Muitas vezes, o carregamento crítico não é a situação permanente que ocorre durante a vida útil e sim o carregamento que ocorre durante as situações transitórias (ABDI, 2015). A NBR 9062 (2006) exige que a análise dos elementos seja realizada considerando-se todas as etapas pelas quais o elemento pode passar, sendo que as fases que frequentemente exigem verificação dos elementos são: a fabricação, o manuseio, o armazenamento, o transporte, a montagem e a construção. Portanto, durante o dimensionamento, todas as condições desfavoráveis devem ser levadas em conta, o que pode gerar um aumento na quantidade de aço utilizada na estrutura;
- d) Logística no canteiro - Apesar da necessidade de local para estocagem de material ser menor, precisa-se de um grande espaço no canteiro para o recebimento dos elementos. A carga, descarga e movimentação das peças deve ser realizada com grande cuidado e a escolha adequada dos equipamentos para manuseio das peças é fundamental para a correta montagem da estrutura;
- e) Execução das ligações e juntas - De acordo com Silva (2003), deve-se tomar uma atenção especial na execução das ligações de elementos de CPM, pois descuidos de montagem podem gerar grandes desvios geométricos e folgas, onde torna-se frequente o aparecimento de manifestações patológicas;
- f) Mão de obra especializada - A montagem das peças, execução as juntas e travamentos exigem um conhecimento diferente do necessário para a execução de concreto moldado *in loco*. De forma geral, não se encontra operários qualificados nessa área, o que gera a necessidade de treinamentos e fiscalização mais rígida.
- g) Alto investimento inicial - No uso de peças pré-moldadas o investimento inicial, tanto financeiro quanto em planejamento e detalhamento dos projetos, é muito alto. Mais do

que nas obras convencionais, quando escolhe-se trabalhar com CPM, um projeto bem planejado e bem elaborado é essencial (ABCIC, 2015), pois problemas em canteiro são ainda mais complicados de serem solucionados.

A decisão pelo uso de concreto moldado *in loco* ou concreto pré-moldado deve ser tomada levando-se em conta todas as vantagens e desvantagens supracitadas. Cada edificação tem suas particularidades e a escolha do sistema construtivo influenciará em todas as etapas do empreendimento.

2.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS PRÉ-MOLDADOS

De acordo com Acker (2002), a pré-moldagem pode ser utilizada em diferentes tipologias de edificações. Mesmo em pavimentos com *layouts* irregulares pode-se utilizar elementos pré-moldados, se não totalmente, ao menos parcialmente. Além disso, diferentemente do que muitas pessoas acreditam, esse sistema construtivo possui flexibilidade arquitetônica, podendo ser projetado com diferentes detalhes.

Entretanto, tipologias regulares, com planos ortogonais e repetição de malha estrutural são ideais para a utilização de elementos pré-moldados. Dessa forma, consegue-se a padronização das peças e, com isso, redução nos custos e maior facilidade na produção e modulação. Modulação é a técnica que permite relacionar de maneira coordenada as medidas de todos os componentes (ABCIC, 2015), facilitando a montagem e reduzindo o desperdício devido a necessidade de recorte nas peças.

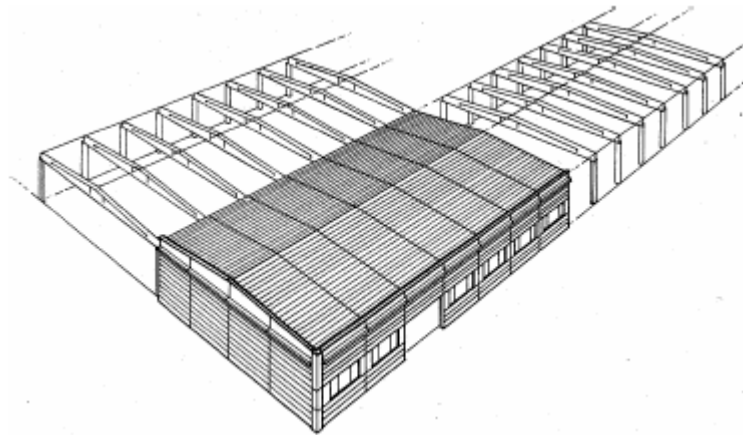
Além do uso de tipologias regulares, obtém-se um maior proveito do uso de pré-moldados quando o projeto exige estruturas com grandes vãos livres. Nessas estruturas, a utilização da área se torna mais flexível, fator interessante em construções industriais e comerciais e no caso de modificação no uso da edificação (ACKER 2002).

Existe um grande número de soluções técnicas para as construções pré-moldadas, contudo, os princípios das soluções são semelhantes. Os tipos comuns de sistemas de concreto pré-moldado são: aporticados, em esqueleto, de paredes estruturais, para pisos, para fachadas e celulares. A solução final pode ser composta por um ou mais sistemas citados, ou ainda, em combinação com outros sistemas construtivos, como concreto moldado *in loco* e estruturas metálicas. A escolha deve ser realizada durante a concepção do projeto arquitetônico em conjunto com o projetista estrutural e o responsável pela execução da obra, considerando todos os aspectos de planejamento, logística e execução (ABDI, 2015).

2.2.1 Estruturas aporticadas

As estruturas aporticadas constituem-se de pilares e vigas de fechamento. Essas estruturas são geralmente utilizadas para construções industriais, *shopping centers*, estacionamentos e centros esportivos, onde necessita-se de espaços com grandes vãos livres, sem a interferência de paredes (ACKER 2002). Um exemplo de estrutura aporticada industrial pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Estrutura aporticada pré-moldada

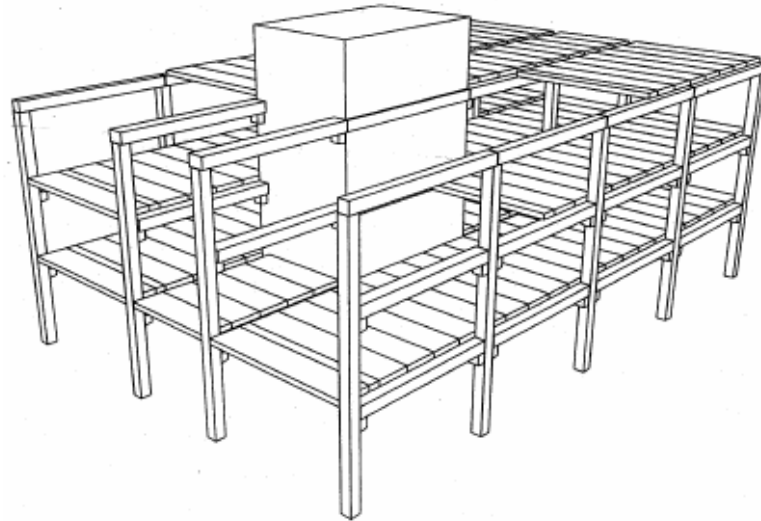


Fonte: Acker (2002)

2.2.2 Estruturas em esqueleto

As estruturas em esqueleto (Figura 6), consistem em pilares, vigas e lajes, em edificações baixas e médias. Em edificações altas é comum encontrar uma divisão da estrutura. A edificação será composta, então, por subestruturas de contraventamento, que conferem a rigidez necessária para o edifício resistir ações horizontais, como o vento, e subestruturas contraventadas, que transferem os esforços horizontais para as estruturas de contraventamento através das ligações e sistemas de piso. Dessa forma, atende-se os requisitos de estabilidade global da estrutura (ABDI, 2015).

Figura 6 - Estrutura pré-moldada em esqueleto



Fonte: Acker (2002)

Essas estruturas são usualmente utilizadas na construção de escritórios, escolas, hospitais e estacionamentos e não há obstrução interna por paredes estruturais ou grande número de pilares. A estrutura da edificação independe dos sistemas complementares e isso facilita adaptações no caso de mudança de uso da edificação e possibilita a utilização de diferentes sistemas de fechamento (ACKER 2002).

A figura 7 mostra um exemplo de construção pré-moldada com estrutura em esqueleto. Esta construção é a obra de expansão de um shopping localizado na cidade de Jaraguá do Sul em Santa Catarina.

Figura 7 - Exemplo de estrutura pré-moldada em esqueleto

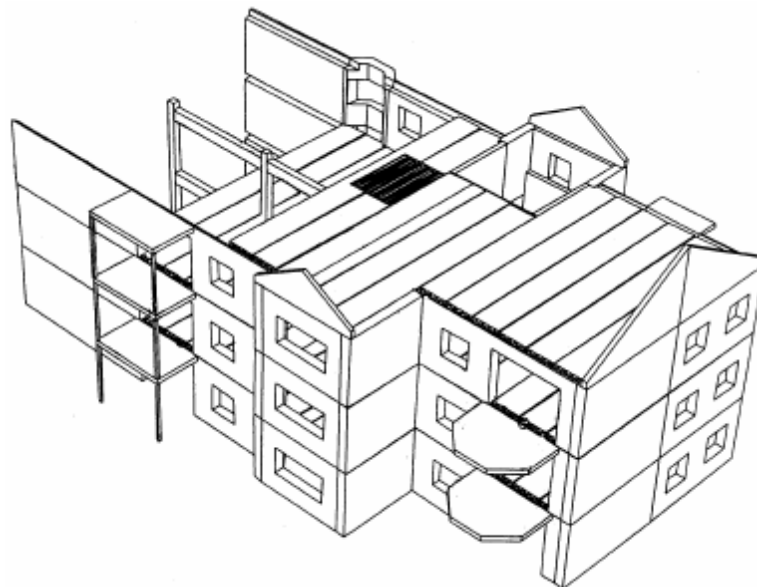


Fonte: ABDI (2015)

2.2.3 Sistemas de painéis estruturais

Os sistemas de painéis estruturais podem ser projetados com paredes cruzadas no interior da edificação ou paredes localizadas apenas no perímetro da edificação, que servirão de apoio para as lajes (ACKER, 2002). Essa estrutura dispensa o uso de pilares nas bordas e de vigas de extremidade e permite o projeto de grandes vãos livres, podendo-se utilizar divisórias leves para a definição da disposição interna. O sistema é adequado para conjuntos habitacionais, escritórios, hospitais e escolas (ABDI, 2015). Um esquema de combinação da estrutura em esqueleto e de painéis estruturais é mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Estrutura em painéis combinada com estrutura em esqueleto



Fonte: Acker (2002)

A superfície dos painéis pré-moldados é lisa, pronta para receber pintura ou papel de parede. Esses elementos podem ser preparados com recortes para o encaixe de esquadrias de janelas e portas e passagem de tubulações elétricas e hidrossanitárias, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 - Construção com painéis com aberturas para esquadrias

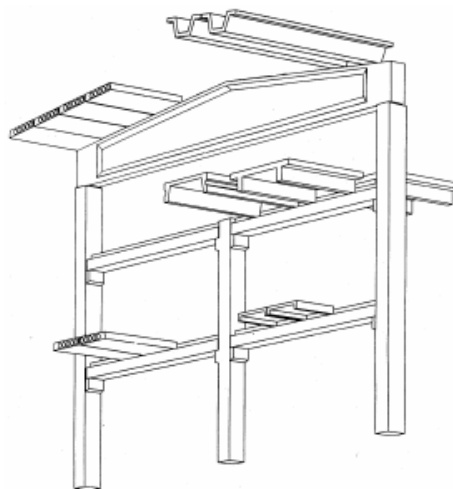


Fonte: ABDI (2015)

2.2.4 Estruturas para pisos

As estruturas pré-moldadas para pisos são amplamente utilizadas em combinação com outros sistemas construtivos, devido, principalmente, à agilidade na construção, isenção de escoramentos e capacidade de vencer grandes vãos. Os principais tipos de estruturas para pisos são: painéis alveolares protendidos, painéis com nervuras protendidas em seção T ou duplo T, painéis maciços de concreto, lajes mistas e lajes com vigotas pré-moldadas (ACKER, 2002). Diferentes exemplos são mostrados na Figura 10.

Figura 10 - Exemplos de estruturas pré-moldadas para pisos

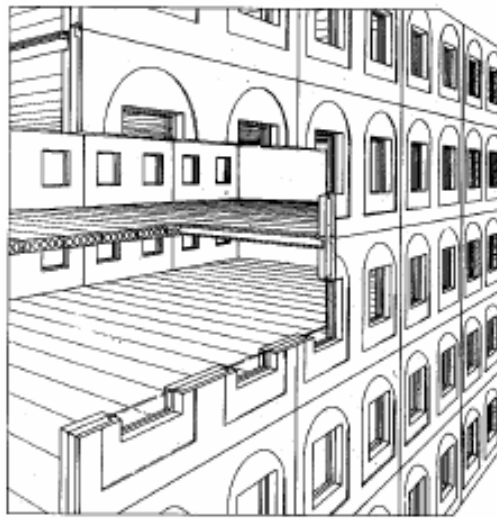


Fonte: Acker (2002)

2.2.5 Sistemas para fachada

Os sistemas para fachada em concreto pré-moldado (Figura 11) podem ser compostos por painéis estruturais, ou painéis arquitetônicos, com função decorativa e de vedação somente. Os painéis arquitetônicos são usualmente utilizados em combinação com sistemas pré-moldados em esqueleto, concreto moldado *in loco* e estruturas metálicas e, nesses casos, os painéis são fixados à estrutura. Uma das vantagens dos painéis estruturais consiste no fato de que a construção fica internamente protegida já nos estágios iniciais da obra (ABDI, 2015).

Figura 11 - Estrutura pré-moldada para fachada



Fonte: Acker (2002)

Os painéis podem ser executados em diferentes cores, formatos e detalhes, como mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Fachada com elementos e painéis pré-moldados

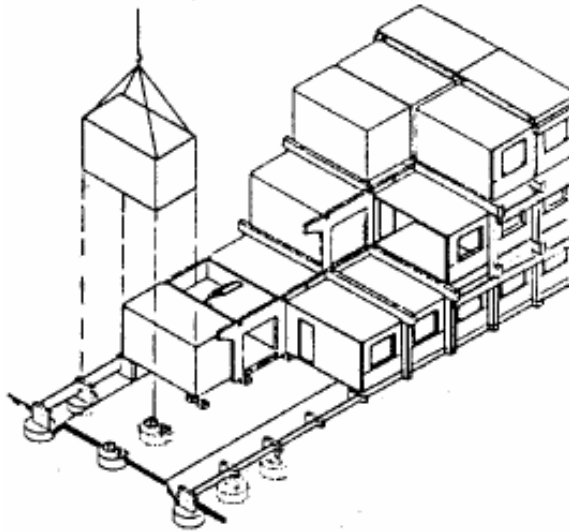


Fonte: ABDI (2015)

2.2.6 Sistemas celulares

Os sistemas celulares (Figura 13) são usualmente utilizados para partes da construção, como banheiros, cozinha e garagem. As vantagens das unidades celulares estão ligadas à agilidade da construção e ao fato de que todo o sistema, inclusive as ligações, pode ser produzido em fábrica. Entretanto, deve-se verificar limitações quanto à logística e transporte das células (ACKER, 2002).

Figura 13 - Esquema de construção utilizando o sistema celular



Fonte: Acker (2002)

2.3 ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

Segundo El Debs (2000), os elementos em concreto pré-moldado podem ser classificados da seguinte forma:

a) Quanto ao local de produção:

- Pré-moldado de canteiro: Executado em instalações temporárias próximas à obra. Esses elementos não apresentam problemas quanto ao transporte, contudo estão sujeitos a apresentar menor qualidade quando comparados à produção industrial;
- Pré-moldado de fábrica: Executado em instalações permanentes distantes da obra. As peças apresentarão alto nível de qualidade, entretanto deve-se pensar na logística de transporte.

b) Quanto à seção:

- Seção completa: Toda a seção resistente é formada fora do local de disposição final do elemento, como ocorre, usualmente, com pilares e vigas pré-moldadas;
- Seção parcial: Parte da seção resistente do concreto é moldada no local, como é o caso das lajes alveolares com capa de concreto.

c) Quanto à categoria do peso dos elementos:

- Pré-moldado pesado: Elementos pesados exigem equipamentos especiais durante seu transporte e montagem;

- Pré-moldado leve: Elementos leves podem ser transportado e montados manualmente, como no caso de lajes treliçadas.
- d) Quanto ao papel desempenhado pela aparência:
- Normal: Não há grandes preocupações com a aparência final do elemento;
 - Arquitetônico: Peças com forma, textura e/ou cor definidos, podendo, ou não, ter função estrutural.

De acordo com a NBR 9062 (2006), deve-se dimensionar os elementos pré-moldados levando-se em conta possíveis desvios de produção, locação, verticalidade da obra, montagem dos elementos e variações térmicas. PCI (2010, tradução nossa) afirma que a existência de tolerâncias e seu controle são necessárias devido às seguintes razões:

- a) Para que as variações sejam consideradas em projeto, garantindo um desempenho adequado dos elementos, ligações e da estrutura como um todo;
- b) Para garantir que as variações não resultem em desconforto visual aos usuários da edificação;
- c) Para garantir agilidade e facilidade durante a produção e montagem;
- d) Para estabelecer um intervalo adequado de aceitabilidade de variações;
- e) Para estabelecer a responsabilidade com relação às variações existentes nos elementos.

A NBR 9062 (2006) define diferentes conceitos para as variações a serem consideradas. Ajuste é a “diferença entre a medida nominal de dimensão de projeto reservada para a colocação de um elemento e a medida nominal da dimensão correspondente do elemento” (NBR 9062, 2006, p.2). O ajuste é a soma de três parcelas: folga, variações inerentes (como as causadas pela variação da temperatura ambiente) e tolerâncias de locação e execução. A partir do ajuste são definidas as tolerâncias nas dimensões de fabricação dos elementos, que podem ser vistas no Quadro 1.

Quadro 1 - Tolerâncias de fabricação para elementos pré-moldados

Grupo de elementos pré-moldados	Seção ou dimensão		Tolerância
Pilares, vigas, pórticos e elementos lineares	Comprimento	$L \leq 5$ m	+/- 10 mm
		5 m < $L \leq 10$ m	+/- 15 mm
		$L > 10$ m	+/- 20 mm
	Seção transversal		- 5 mm e + 10 mm
	Distorção		+/- 5 mm
Linearidade		+/- L/1000	
Painéis, lajes, escadas, e elementos em placa	Comprimento	$L \leq 5$ m	+/- 10 mm
		5 m < $L \leq 10$ m	+/- 15 mm
		$L > 10$ m	+/- 20 mm
	Espessura		- 5 mm, + 10 mm
	Planicidade	$L \leq 5$ m	+/- 3mm
		$L > 5$ m	+/- L/1000
	Distorção:	Largura ou altura ≤ 1 m	+/- 3 mm cada 30cm
		Largura ou altura > 1 m	+/- 10 mm
Linearidade		+/- L/1000	
Telhas e/ou elementos delgados	Comprimento	$L \leq 5$ m	+/- 10 mm
		5 m < $L \leq 10$ m	+/- 15 mm
		$L > 10$ m	+/- 20 mm
	Espessura	$e \leq 50$ mm	- 1 mm e + 5 mm
		$e > 50$ mm	- 3 mm e + 5 mm
	Distorção		+/- 5 mm
	Linearidade		+/- L/1000
Estacas	Comprimento		+/- L/300
	Seção transversal (ou diâmetro)		+/- 5%
	Espessura da parede para seções vazadas		+13 / -6 mm
	Linearidade		+/- L/1000

onde: L é o comprimento do elemento pré-moldado.

Fonte: NBR 9062 (2006)

Quanto ao cobrimento das armaduras, aplica-se aos elementos pré-moldados os critérios determinados na NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento (2014) para qualquer barra, inclusive armadura de distribuição, montagem e ligação de estribos. Por haver adequado controle de qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas desses elementos, pode-se adotar o valor de 5 mm de tolerância de execução, diferentemente dos 10 mm utilizados no caso de concreto moldado *in loco*. Com isso, têm-se os seguintes cobrimentos mínimos:

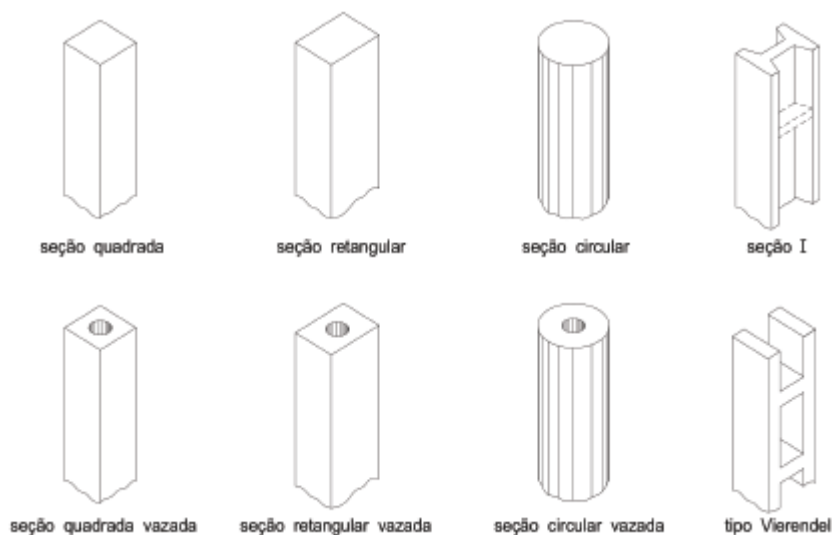
- a) Lajes em concreto armado ≥ 15 mm;
- b) Demais peças em concreto armado (vigas / pilares) ≥ 20 mm;
- c) Peças em concreto protendido ≥ 25 mm;
- d) Peças delgadas protendidas (telhas/nervuras) ≥ 15 mm;
- e) Lajes alveolares protendidas ≥ 20 mm.

2.3.1 Pilares

De acordo com o Manual da Construção Industrializada (ABDI, 2015) as seções usuais de pilares pré-moldados variam de 40x40 centímetros a 60x80 centímetros. Acker (2002) recomenda uma seção mínima de 30x30 centímetros, por motivos de manuseio e acomodação das ligações viga-pilar. Além disso, pilares com essa seção possuem uma boa resistência ao fogo, podendo ser aplicado em edificações de diferentes usos. Para estruturas aperticadas recomenda-se limitar o comprimento do pilar à 20 metros devido ao transporte e montagem, porém nos casos em que esses aspectos não são limitantes, o comprimento dos pilares pode chegar à ordem de 35 metros, como será mostrado no subcapítulo 2.5 Logística. Em estrutura tipo esqueleto é comum o uso de pilares mais curtos, entre um ou dois andares consecutivos (ABDI, 2015).

A Figura 14 mostra as seções típicas de pilares pré-moldados de concreto, podendo ser: quadrada, retangular, circular, seção I ou tipo Vierendel. Em alguns casos o pilar pode ter um furo vertical em sua seção, que é usualmente utilizado para a passagem de água pluvial, funcionando como uma calha vertical, mas também pode ser aproveitado para passagem de instalações elétricas ou de dados.

Figura 14 - Seções típicas de pilares pré-moldados

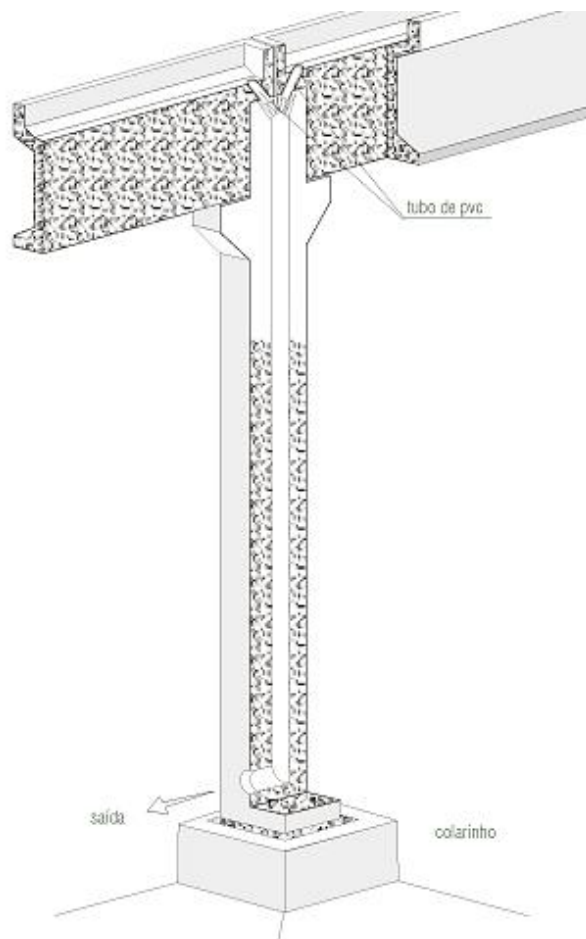


Fonte: El Debs (2000)

A Figura 15 mostra um exemplo de pilar com passagem para água pluvial. Para esses casos, a NBR 9062 (2006) afirma que, no seu dimensionamento, é necessário levar em conta a redução na área de concreto e deve-se respeitar uma espessura mínima de 10 cm de parede em caso de passagem de água e 7,5 cm para os outros usos. Ademais, o cobrimento mínimo das

armaduras deve atender os valores que foram citados anteriormente, tanto na face interna quanto externa. O furo não pode ser utilizado com conduto forçado e não deve haver acúmulo de água dentro do pilar. Além disso, é preciso prever um reforço da armadura na região do furo lateral para saída de água.

Figura 15 - Pilar com passagem de água pluvial



Fonte: Adaptado de Cassol (2016a)

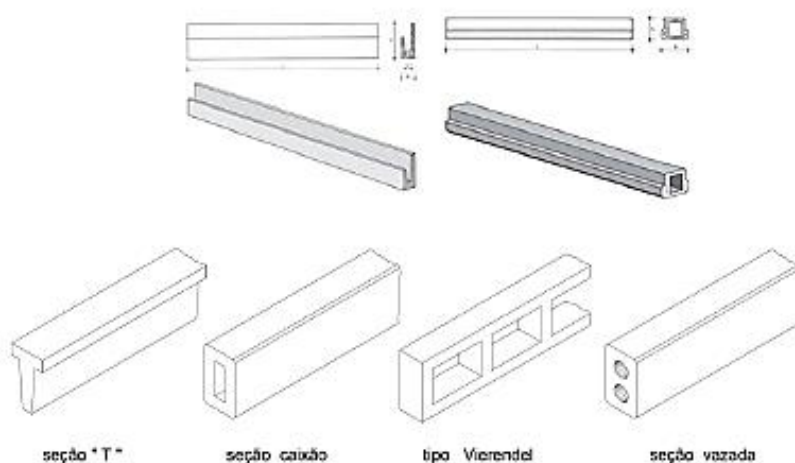
2.3.2 Vigas

As vigas de concreto pré-moldado podem ser armadas ou protendidas. No segundo caso, os elementos conseguem vencer vãos maiores em comparação a modelos de concreto armado convencional. Recomenda-se realizar um estudo detalhado para a definição das dimensões das vigas, de forma a se obter repetição nos tamanhos e possibilitar o melhor aproveitamento das formas (ABCIC, 2015).

A seções mais comuns empregadas em vigas de concreto pré-moldado são: retangular; seção I; seção T invertido, sendo que as abas servirão de apoio para lajes e seção L, utilizada

no perímetro da edificação e sua aba também servirá como apoio para laje. Em coberturas pode-se utilizar vigas em formato U ou J que terão a função de calha para águas pluviais. Essas vigas, podem ser empregadas em conjunto com pilares de seção vazada, formando um sistema de coleta de água da chuva (ABDI, 2015). A Figura 16 mostra alguns exemplos de vigas pré-moldadas.

Figura 16 - Exemplos de vigas pré-moldadas



Fonte: El Debs (2000)

As vigas de seção retangular podem vencer vãos na ordem de 15 metros e as peças de seção I até 35 metros, quando se utiliza protensão (ABDI, 2015). Em vista disso, uso de elementos pré-moldados torna-se uma boa opção quando se necessita grandes vãos livres.

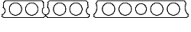
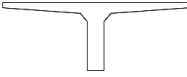







2.3.3 Lajes

As lajes pré-moldadas de concreto são vantajosas principalmente por dispensar escoramentos e apresentar rapidez na montagem. Além disso, as lajes apresentam um alto desempenho mecânico, conseguindo vencer grandes vãos livres, e possuem acabamento final satisfatório, não havendo necessidade de se utilizar material adicional na face inferior do elemento. Ademais, elementos com nervuras inferiores oferecem a possibilidade de passagem de instalações elétricas e hidrossanitárias (ABDI, 2015).

Os sistemas pré-moldados para pisos são, também, muito utilizados em estruturas mistas, em combinação com estruturas metálicas e estruturas de concreto moldado *in loco*. A decisão sobre o tipo de laje a ser utilizada no empreendimento deve ser tomada levando-se em conta: requisitos de desempenho, tipo de construção, transporte e estocagem e montagem das peças,

disponibilidade no mercado, custo, equipamentos e capacitação da mão-de-obra (ABDI, 2015). A Figura 17 mostra diferentes tipos de lajes pré-moldadas.

Figura 17 - Tipos de lajes pré-moldadas

 lajes alveolares não protendidas	 elementos de seção T	 elementos de pré-laje
 lajes alveolares protendidas	 elementos de seção U	 lajes/painéis π ou TT invertidos
 Lajes/painéis TT ou π	 elementos de seção U invertido	 laje com nervuras pré-moldadas

Fonte: adaptado de El Debs (2000)

De acordo com ABDI (2015) destacam-se cinco tipos principais de lajes pré-fabricadas: alveolares protendidas, com nervuras protendidas (seções T ou duplo T), placas maciças de concreto, mista e treliçada (com vigotas pré-moldadas). Acker (2002) afirma que sistemas de lajes com nervuras protendidas são apropriados para construções industriais, armazéns e centros de distribuição, por vencer grandes vãos e suportar altas cargas. Lajes alveolares protendidas são adequadas para ambientes como apartamentos e escritórios, pois vencem grandes vãos e suportam cargas moderadas. Placas pré-moldadas maciças são utilizadas para vãos menores com cargas moderadas, como por exemplo em residências, apartamentos e hotéis. Finalmente, lajes com vigotas pré-moldadas são utilizadas, principalmente, em residências, por suportar cargas e vãos menores, se comparadas aos outros tipos citados.

2.3.4 Painéis de fechamento

Castilho (1998) divide os painéis de fechamento em três principais tipos: painéis não-estruturais, painéis estruturais e painéis usados como paredes de contraventamento. Os painéis não-estruturais, também conhecidos como painéis arquitetônicos, são projetados para resistir apenas seu peso próprio e a força do vento. Eles podem ser maciços, com diferentes cores e texturas, com aberturas ou sanduíche. Os painéis sanduíche são elementos compostos por parede dupla, que pode ser preenchida com material leve, como o poliuretano. Essas paredes atuam como isolante térmico, reduzindo os custos com sistemas de refrigeração e aquecimento.

Os painéis estruturais são projetados para resistir às cargas de serviço e ao peso próprio da edificação e transferir os esforços verticais até as fundações. Seu uso propicia uma proteção interna da construção ainda nos estágios iniciais da obra. Já os painéis de contraventamento conferem rigidez à edificação e, juntamente com o sistema de pisos, são responsáveis por resistir às cargas horizontais, como o efeito do vento (CASTILHO, 1998). O contraventamento pode ser realizado por um núcleo rígido de painéis localizados na região da escadas e elevadores da edificação (ABDI, 2015)

Acker (2002) afirma que o comprimento dos painéis depende do projeto e dos equipamentos utilizados em fábrica. A espessura varia de acordo com os requisitos de desempenho de estabilidade estrutural, isolamento acústico e resistência ao fogo. O Quadro 2 mostra as dimensões mais comuns para painéis pré-moldados.

Quadro 2 - Dimensões comuns para painéis pré-moldados

Tipo		Espessura (milímetros)	Comprimento (metros)	Altura (metros)
Painéis estruturais	Armados em duas direções	180 - 240	6,00 - 14,00	3,00 - 4,50
	Armados em uma direção	150 - 200		
Painéis não estruturais		80 - 150	6,00 - 14,00	3,00 - 3,30
Painéis para poços de elevador e escada		180 - 200	6,00 - 14,00	3,00 - 4,00

Fonte: Adaptado de Acker (2002)

A utilização de painéis pré-moldados possibilita uma construção rápida e industrializada, além de apresentar uma superfície lisa, pronta para receber a pintura, e ter boas propriedades térmicas, acústicas e de resistência ao fogo (ACKER, 2002). Contudo, vale ressaltar que quando se utiliza painéis pré-fabricados é necessário realizar a modulação das peças nos ambientes, fazendo com que o comprimento dos elementos seja compatível com o tamanho da edificação, não havendo sobras.

2.3.5 Escadas

Segundo Acker (2002), escadas pré-moldadas de concreto possuem um custo razoável e qualidade de acabamento, podendo variar de superfícies lisas regulares até concreto polido. No caso de escadas moldadas *in loco*, além de sempre se precisar de um material para acabamento, o gasto de mão-de-obra para produzi-las é muito alto e, muitas vezes, o custo total é subestimado.

As escadas pré-moldadas são divididas em duas categorias. A primeira é formada pelas escadas retas, que são compostas por lances individuais de escadas, como pode ser visto na Figura 18, podendo haver patamares entre elas.

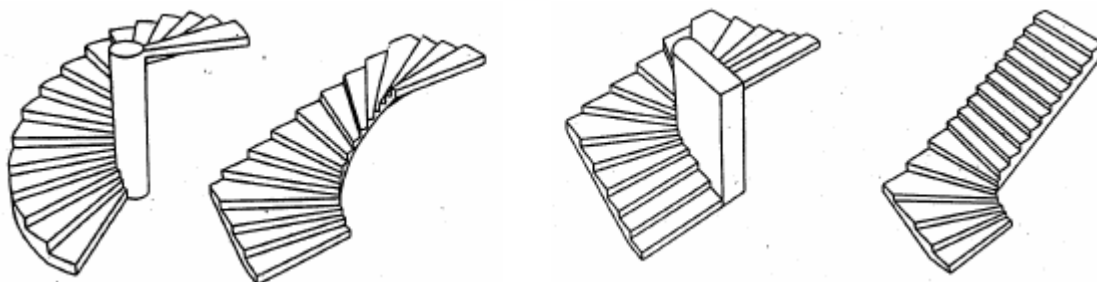
Figura 18 - Exemplo de escada pré-moldada reta



Fonte: Cassol (2016b)

A segunda categoria é composta por escadas monobloco, as quais podem ter curvas e mudanças de direção na mesma estrutura, como mostrado nos exemplos da Figura 19.

Figura 19 - Exemplos de escadas pré-moldadas tipo monobloco



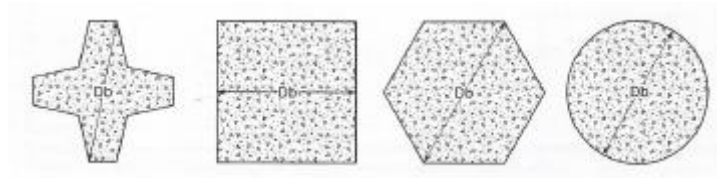
Fonte: Acker (2002)

2.3.6 Fundações

As estacas foram os primeiros elementos onde aplicou-se a pré-moldagem no Brasil e sua utilização também é comum em combinação com a superestrutura em concreto moldado *in loco*. Esses elementos podem ser armados ou protendidos. No caso de estacas protendidas costuma-se utilizar concreto com f_{ck} (resistência característica do concreto à compressão) ≥ 40 MPa e seções transversais circulares, quadradas, sextavadas, octogonais ou estrela. Estacas em concreto armado podem ter seção cheia ou vazada, sendo que os elementos de seção vazada são

fabricados por centrifugação ou extrusão das peças (JOPPERT JR, 2013). Seções típicas de estacas pré-moldadas podem ser vistas na Figura 20.

Figura 20 - Seções típicas de estacas pré-moldadas de concreto



Fonte: ABCIC (2015)

As estacas são fornecidas em peças de comprimento variável entre quatro e 12 metros. Quando se precisa de estacas com comprimentos maiores, as peças são emendadas até que se atinja o comprimento desejado. A emenda pode ser realizada pela solda de anéis previamente encaixados na extremidade das estacas ou pela utilização de luvas de aço (JOPPERT JR, 2013).

As estacas pré-moldadas pertencem ao grupo de estacas de deslocamento e podem ser cravadas por percussão, prensagem ou vibração. A escolha da forma de cravação e do equipamento a ser utilizada é realizada de acordo com as características da estaca, do solo e de projeto, condições das edificações vizinhas e peculiaridades locais (BIZERRIS, 2013). O projeto, fabricação, estocagem e manuseio de estacas pré-moldadas devem ser realizados de acordo com a NBR 16258:2014 - Estacas pré-fabricadas de concreto - Requisitos.

2.4 LIGAÇÕES ENTRE ELEMENTOS

Além de se pensar na produção das peças deve-se prever como será realizada a montagem da estrutura em obra. Diversos autores, como Silva (2003) e Munte (2004), consideram que as ligações são os pontos críticos das estruturas pré-moldadas. A ABCIC (2015) afirma que o tipo de ligação está diretamente relacionado ao custo da estrutura e ligações mais complexas tendem a gerar um custo mais elevado. Além disso, ligações mais rígidas favorecem a economia, mas dificultam mudanças (MUNTE, 2004). Com isso, percebe-se que deve ser tomado um cuidado especial tanto no projeto quanto na execução das ligações entre peças pré-moldadas, de modo a impedir o aparecimento de manifestações patológicas nesses locais e evitar que a obra tenha seu custo elevado sem necessidade.

Teoricamente, as ligações utilizadas em sistemas pré-moldadas deveriam ser projetadas e executadas de forma que a estrutura final tivesse o mesmo conceito monolítico de uma estrutura moldada *in loco*. Entretanto, realizando-se dessa forma, muitas vantagens da pré-moldagem

seriam perdas, elevando o custo do projeto e tornando sua execução mais trabalhosa (ACKER, 2002).

Com relação a produção e montagem das ligações, Castilho (1998) faz as seguintes recomendações:

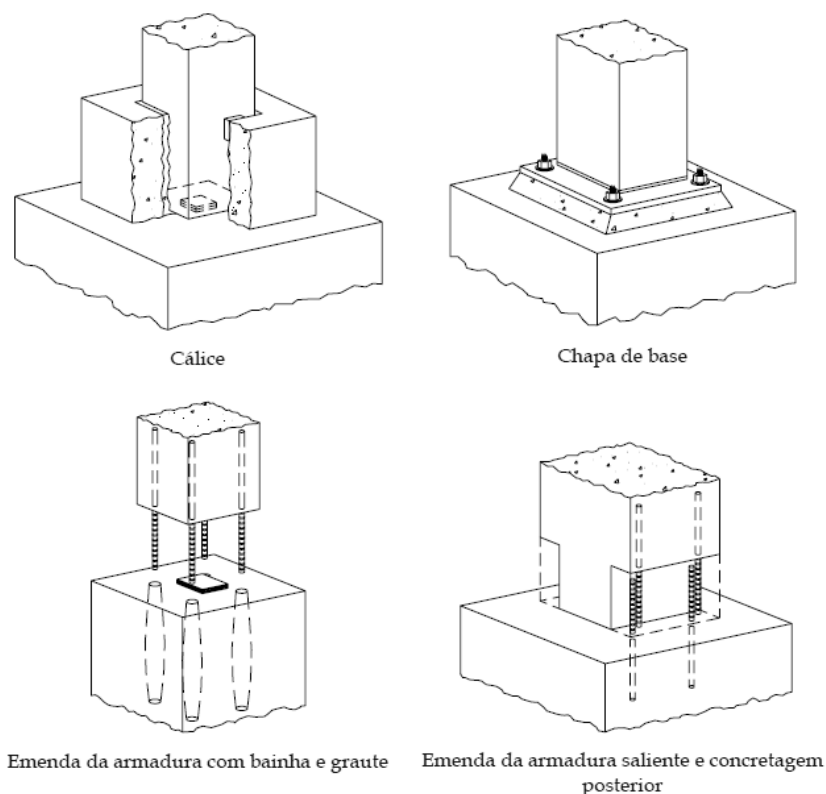
- a) Padronizar as ligações, dispositivos e detalhes, de modo a aumentar a qualidade e economia na produção;
- b) Usar materiais de ligações simétricas;
- c) Evitar congestionamento de armadura e dispositivos metálicos e dar acessibilidade à ligação;
- d) Reduzir o trabalho após desforma;
- e) Considerar folgas e tolerâncias e prever ajustes em campo;
- f) Reduzir o tempo em que os elementos ficam suspensos;
- g) Evitar elementos salientes que possam ser danificados durante o transporte e montagem.

A NBR 9062 (2006) prevê a utilização de diferentes tipos de ligações. Para ligações solicitadas predominantemente por compressão, caso de elementos pré-moldados apoiados entre si ou sobre concreto moldado no local, pode-se utilizar: juntas à seco, juntas com argamassa de assentamento, juntas de concreto local, dispositivos metálicos e almofadas de elastômero. No caso de ligações solicitadas predominantemente por tração, a força de tração deve ser resistida exclusivamente pela armadura, podendo-se utilizar dispositivos especiais. No caso da solidarização de elementos, como vigas, lajes, pilares, pórticos e arcos, visando sua continuidade, a ligação pode ser realizada por protensão, solda, dispositivos metálicos ou mediante concretagem local. Para outras solicitações, deve-se verificar as determinações da NBR 9062 (2006).

2.4.1 Ligação pilar-fundação

As ligações pilar-fundação têm a função de transmitir forças verticais, horizontais e momentos atuantes nos pilares, para as estruturas de fundação. De acordo com Jaguaribe (2005) existe quatro tipos de ligações entre a fundação e o pilar pré-moldado: cálice, chapa de base, emenda da armadura com bainha e graute e emenda da armadura saliente com concretagem posterior, como mostrado na Figura 21.

Figura 21 - Tipos de ligação pilar-fundação pré-moldados



Fonte: PCI (1998) adaptado por Canha (2004)

A ligação em cálice é realizada embutindo-se a parte inferior do pilar em uma cavidade da fundação. O posicionamento do pilar é realizado por meio de dispositivo de centralização e cunhas localizadas nos quatro lados do cálice, impedindo que o pilar se desloque. Após a colocação do pilar, o vazio remanescente do cálice é preenchido com concreto ou graute (JAGUARIBE, 2005). Na Figura 22 pode-se ver como é realizada a montagem e encunhamento do pilar no cálice.

Figura 22 - Ligação por meio de cálice - encunhamento do pilar



Fonte: ABCIC (2015)

A ligação por meio de cálice é vantajosa por proporcionar rapidez na montagem, facilidade nos ajustes de desvios de execução e não requerer cuidados especiais com agentes corrosivos, pois não há dispositivos metálicos ou armaduras expostas. Entretanto, seu uso só é possibilitado em divisas se houver uma certa distância entre a divisa e o pilar e deve-se tomar um cuidado especial durante a concretagem, principalmente na vibração do concreto, para que a ligação desempenhe seu papel adequadamente (JAGUARIBE, 2005).

A ligação com chapa de base é realizada por meio de uma chapa metálica soldada na base do pilar e unida à sua armadura. A chapa é encaixada no elemento de fundação por meio de chumbadores e seu nível e prumo são ajustados por meio de um sistema de porcas e contraporcas (JAGUARIBE, 2005).

Na ligação por emenda da armadura com graute e bainha, faz-se uma espera com a armadura do pilar ou da fundação e uma bainha no elemento adjacente. A espera será encaixada na bainha, a qual é posteriormente preenchida com graute, juntamente com o espaço remanescente entre o pilar e o elemento de fundação (JAGUARIBE, 2005). Para essa ligação deve ser previsto um escoramento provisório durante a montagem e deve-se tomar um cuidado especial durante o transporte, armazenagem e montagem das peças, para que a espera não seja danificada (SENDEN, 2015).

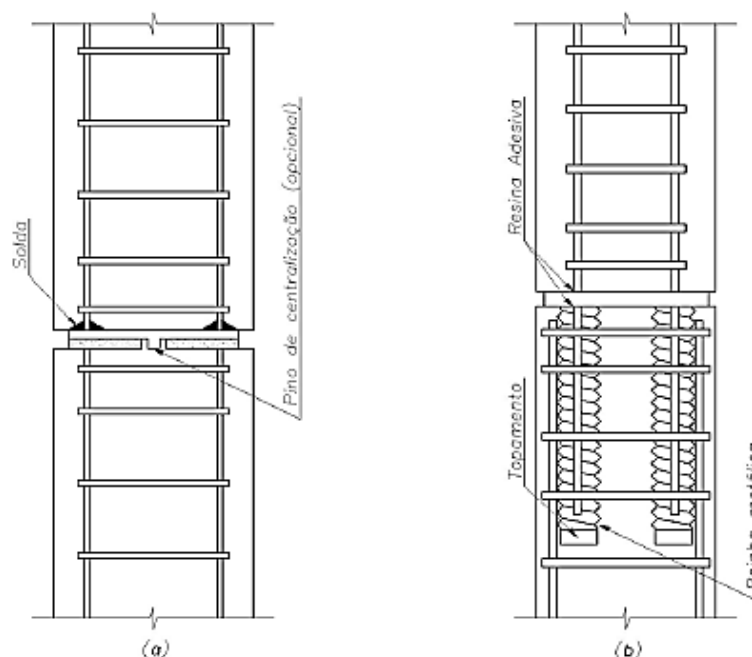
Por fim, a ligação por emenda da armadura saliente com concretagem posterior é realizada através da emenda das esperas do pilar e da fundação com acopladores ou por solda. Após a montagem, a emenda é concretada (JAGUARIBE, 2005).

2.4.2 Ligação entre pilares

De acordo com a NBR 9062 (2006), a ligação entre pilares pode ser realizada de diferentes formas. Uma opção é utilizar chapas metálicas com pinos e furos de centralização ou junta macho fêmea e aplicar solda em todo o contorno das chapas metálicas, que devem estar adequadamente ancoradas no concreto. Nesse caso, deve-se verificar a atuação do momento fletor no local da emenda. Um exemplo dessa ligação é mostrado na Figura 23a.

Outra opção é encaixar as armaduras de esperas de um pilar em cavidades localizadas no pilar adjacente e preencher os vazios e a superfície de contato dos pilares com graute não retrátil, de forma similar à ligação pilar-fundação. Um exemplo pode ser visualizado na Figura 23b. Além disso, pode-se utilizar outros dispositivos metálicos ou a ligação pode ser realizada por um processo diferente dos citados, em que sua eficiência e durabilidade sejam comprovadas através de ensaios experimentais.

Figura 23 - Alternativas para ligações entre pilares



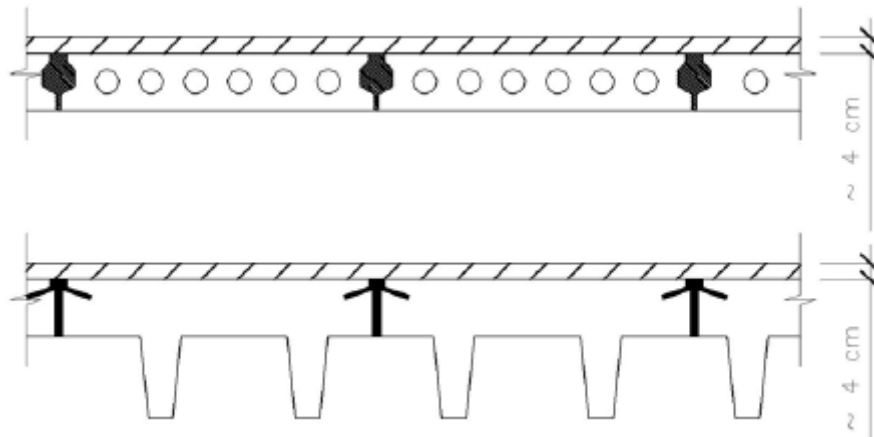
Fonte: NBR 9062 (2006)

2.4.3 Ligação entre lajes

Para as ligações entre lajes, a NBR 9062 (2006) afirma que devem ser utilizadas alternativas que impeçam deflexões diferenciais devidas a cargas acidentais não uniformes aplicadas nas juntas. Além disso, deve-se verificar os esforços cisalhantes a serem resistidos pela ligação, no caso da existência de cargas pontuais ou linearmente distribuídas paralelamente às juntas. As ligações poderão ser realizadas através de juntas concretadas ou grauteadas, ligações soldadas, capeamento com armadura transversal, ou ainda da associação de dois ou mais tipos de ligações citados.

Para a solução com capeamento de concreto, a capa deve ter uma espessura mínima de 3 cm (apenas em pontos isolados) e em média, espessura maior que 4 cm. Para cargas acidentais menores ou iguais a 3 kN/m^2 , não há necessidade de se verificar os esforços atuantes na região da ligação. Nesse caso, a ligação pode ser realizada pelo rejuntamento com argamassa ou concreto das folgas entre as bordas das lajes, que devem apresentar uma geometria adequada para que esse processo possa ser realizado. Para cargas acidentais entre 3 kN/m^2 e 5 kN/m^2 , sem execução de capeamento e para cargas acidentais maiores que 5 kN/m^2 deve-se, obrigatoriamente, verificar os esforços atuantes na região da junta (NBR 9062, 2006). Exemplos de ligações entre lajes podem ser vistos na Figura 24.

Figura 24 - Exemplo de ligações em lajes alveolar e duplo T



Fonte: NBR 9062 (2006)

2.4.4 Ligação viga-pilar e laje-viga

As ligações entre vigas e pilares, lajes e vigas, ou, em alguns casos, lajes e pilar são usualmente realizadas por meio consolo, dispositivo incorporado ao elemento estrutural que servirá de apoio para o elemento adjacente. Para a ligação viga-pilar, diferentes tipos de consolo podem ser utilizados. Na Figura 25 pode-se ver um pilar com um consolo trapezoidal servindo de apoio para uma viga I.

Figura 25 - Viga I apoiada sobre consolo trapezoidal



Fonte: Cassol (2016c)

Outra opção é mostrada na Figura 26, onde utilizou-se consolos retangulares embutidos nas vigas com de dente Gerber. O uso desse dispositivo é vantajoso quando o projeto arquitetônico requer que o consolo fique escondido na estrutura (SENDEN, 2015).

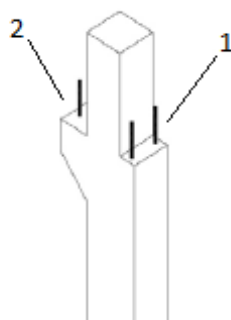
Figura 26 - Vigas com dente Gerber apoiadas sobre consolos retangulares



Fonte: Viegas e Giugliani (2013)

Uma outra opção é realizar uma redução na seção do pilar fazendo com que parte do elemento sirva como apoio para a viga, como mostrado na Figura 27, detalhe 1.

Figura 27 - Redução na seção do pilar para apoio de viga e consolo trapezoidal



Fonte: adaptado de ABDI (2015)

No dimensionamento de consolos em empreendimentos com elementos pré-moldados acrescenta-se fatores de segurança que levarão em conta os efeitos de impacto, choques e vibrações. Dependendo das dimensões do consolo, ele será considerado normal, curto ou muito curto, e seu cálculo deverá ser realizado considerando modelos estruturais diferentes. Deverão ser consideradas as ações devidas à variação volumétrica das estruturas ligadas ao consolo, ações horizontais devido à elasticidade de demais elementos em contato com o consolo e componentes horizontais de forças provenientes de consolos inclinados (NBR 9062, 2006).

As definições construtivas com relação às dimensões e armaduras necessárias e suas disposições são apresentadas NBR 9062 (2006). No caso de consolos trapezoidais, por exemplo, a altura da face externa no consolo não deve ser menor que a metade da altura da face engastada menos o afastamento da almofada de apoio à borda externa.

Essas ligações também podem ser realizadas com insertos metálicos. Nesse caso, o dispositivo metálico fica encaixado e escondido na parte inferior da viga, sendo, então, uma opção atraente do ponto de vista estético (ACKER, 2002).

2.4.5 Juntas de ligação

O Código Nacional de Prática para Concreto Pré-moldado, *Tilt-Up* e Elementos de Concreto na Construção Civil do Governo da Austrália (NATIONAL CODE OF PRACTICE FOR PRECAST, TILT-UP AND CONCRETE ELEMENTS IN BUILDING CONSTRUCTION, 2008, tradução nossa) afirma que as juntas entre os elementos de concreto devem ser suficientes para manter a posição e o alinhamento concebido durante a montagem e acomodar tolerâncias e movimentos inesperados. Além disso, deve-se levar em conta os seguintes quesitos para a escolha do material utilizado no enchimento das juntas:

- a) Resistência do material ao fogo e às intempéries;
- b) Movimento térmico e de retração dos elementos de concreto;
- c) Movimentos estruturais à serem acomodados;
- d) Tolerâncias dimensionais de locação dos elementos.

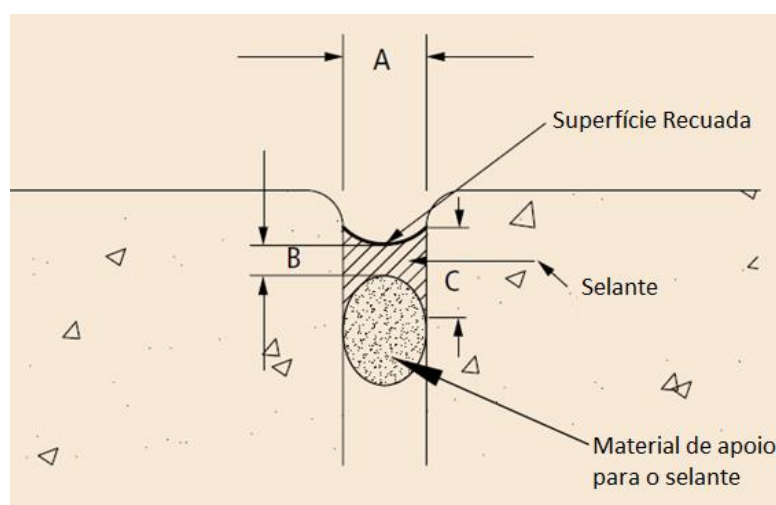
O Código de Prática para Construções com Concreto Pré-Moldado de Hong Kong (CODE OF PRACTICE FOR PRECAST CONCRETE CONSTRUCTION, 2003, tradução nossa) adiciona ainda algumas considerações sobre o material de preenchimento da junta. O material deve ter resiliência; não deve ter coloração; não deve conter celulose, para evitar infestação por cupim, e não deve ultrapassar os limites da junta, ou seja, não deve ficar saliente. Esse material tem como funções: fazer parte da ligação, prevenir a obstrução da junta por galhos e sujeira durante a construção, servir de suporte e controlar a profundidade do selante.

De acordo com ACKER (2002) as juntas devem ser projetadas de forma a não se tornar um ponto fraco da estrutura e não haver risco de danos na borda dos elementos. Além disso, principalmente no sistema de fachadas em concreto pré-moldado, a junta deve-se ser impermeável e resistir às intempéries naturais. Nesse caso, o uso de um material selante é indispensável, podendo se utilizar, por exemplo, selantes de silicone aplicados com pistola ou poliuretano. O material selante deve estar aderido as faces dos dois elementos e ser flexível o suficiente para acomodar os movimentos da estrutura sem que haja perda de adesão e deslizamentos.

O PCI (2007, tradução nossa) separa as ligações entre painéis pré-fabricados em 3 tipos: juntas de um estágio, juntas de dois estágios e juntas de dilatação. As juntas de um estágio têm

apenas uma linha de impermeabilização entre as placas e o selante é normalmente aplicado com pistola, próximo à face exterior do painel de concreto pré-moldado. O selante deve ser aplicado com um recuo para o interior da junta, como mostrado na Figura 28, pois dessa forma minimiza-se a exposição aos raios ultravioletas, vento e chuva, aumentando sua vida útil. A principal vantagem desse tipo de junta é sua simplicidade e facilidade de aplicação. Entretanto, apesar de ser inicialmente mais econômica, seu custo global pode acabar sendo mais alto, comparado à junta de dois estágios, quando se considera os custos de manutenção.

Figura 28 - Junta de um estágio

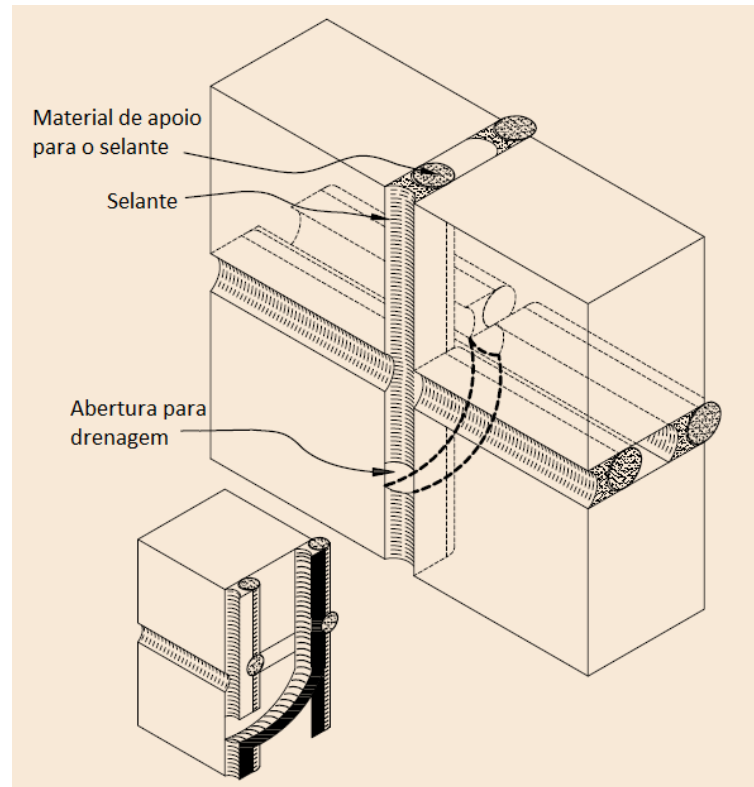


Fonte: Adaptado de PCI (2007)

O PCI (2007, tradução nossa) indica os seguintes valores para as dimensões A, B e C representadas na Figura 28: a dimensão C deve ser no mínimo 6 mm; a razão entre A e B deve ser no mínimo 2; para a dimensão B, recomenda-se 9 mm, sendo, no mínimo, 3 mm; recomenda-se que a dimensão A seja no mínimo 19 mm. Além disso, a superfície recuada deve ser côncava.

Pode-se aperfeiçoar o calafetamento das juntas utilizando-se uma vedação com dois estágios. A segunda linha de impermeabilização ficará dentro da junta, localizada de 50 a 63 mm de distância da linha de impermeabilização exterior e existirá um vazio entre elas. A camada interior servirá como uma segunda barreira para a penetração de água e ar e, por estar protegida das intempéries, tende a ter uma durabilidade maior. Essa técnica requer a existência de uma abertura de 10 mm no selante exterior, para que a água contida pela segunda vedação possa sair da cavidade entre os selantes (PCI, 2007, tradução nossa). A Figura 29 mostra como deve ser a junta de dois estágios.

Figura 29 - Junta de dois estágios



Fonte: Adaptado de PCI (2007)

O Código de Prática para Construções com Concreto Pré-Moldado de Hong Kong (CODE OF PRACTICE FOR PRECAST CONCRETE CONSTRUCTION, 2003, tradução nossa) afirma que 5 mm é a espessura mínima para que sejam realizadas juntas com aplicação de selantes, porém, entre painéis, costuma-se utilizar no mínimo 12 mm. Além disso, dependendo do material selante, antes da sua aplicação pode ser necessária a utilização de jato de água ou areia ou escova de aço, além da aplicação de primer. Deve-se tomar um cuidado especial quando se utiliza óleo desmoldante, compostos para cura do concreto e materiais de revestimento, pois a aderência do selante pode ser reduzida.

Devido à exposição direta às intempéries, o material selante das juntas está suscetível ao efeito do envelhecimento e mudança em suas propriedades. Por isso, as juntas devem ser localizadas em local acessível para que se possa realizar inspeções periódicas e, quando necessário, serviços de manutenção e reparos, mantendo a durabilidade da edificação (ACKER, 2002).

Acker (2002) ainda afirma que a largura adequada para a junta dependerá da movimentação dos elementos ligados a ela. Esses movimentos de expansão e contração são causados por mudanças de temperatura, umidade e retração do material. Para garantir a correta aplicação do selante, Acker (2002) recomenda que a junta tenha no mínimo 8 mm e no máximo

30 mm. O Quadro 3 fornece uma indicação de dimensões mínimas de juntas de acordo com a largura dos elementos.

Quadro 3 - Recomendação de largura mínima de juntas

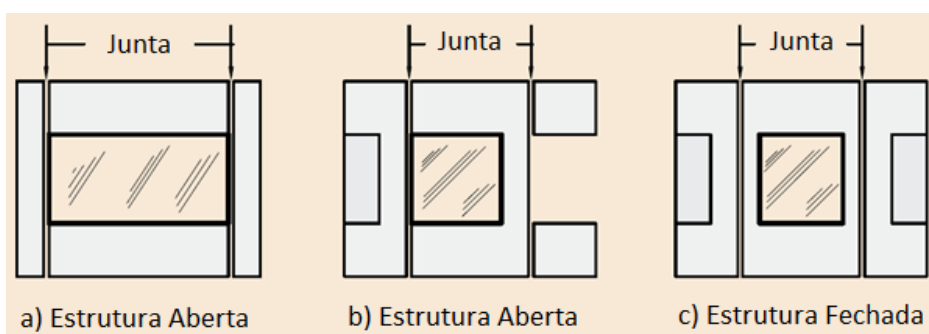
Largura do elemento (em metros)	Largura nominal mínima da junta (em milímetros)
1,80	12
2,40	12
3,60	14
4,80	15
6,00	16

Fonte: adaptado de Acker (2002)

2.4.6 Ligação esquadria-painel

De acordo com PCI (1999, tradução nossa), aberturas para janelas em painéis pré-fabricados podem ser realizadas com facilidade, em qualquer forma ou tamanho desejado e a melhor opção ocorre quando a abertura está totalmente contida em um mesmo painel, como mostrado na Figura 30c. Dessa forma, conexões, juntas e tolerâncias serão relativas apenas à janela e ao painel correspondente, não havendo interferências das ligações entre painéis.

Figura 30 - Opções de painéis com janela



Fonte: Adaptado de PCI (2007)

Nos casos onde há grandes janelas na fachada, não estando contidas em um painel, como mostrado na Figura 31, as interfaces entre as janelas e os painéis devem ser projetadas com maior cuidado, permitindo maiores tolerâncias de construção. De forma similar às juntas entre painéis pré-moldados, as conexões entre painéis e janelas desse tipo devem também suportar pequenos movimentos diferenciais que podem ocorrer durante a vida útil da edificação (PCI, 2007, tradução nossa).

Figura 31 - Fachada com grande área de janelas

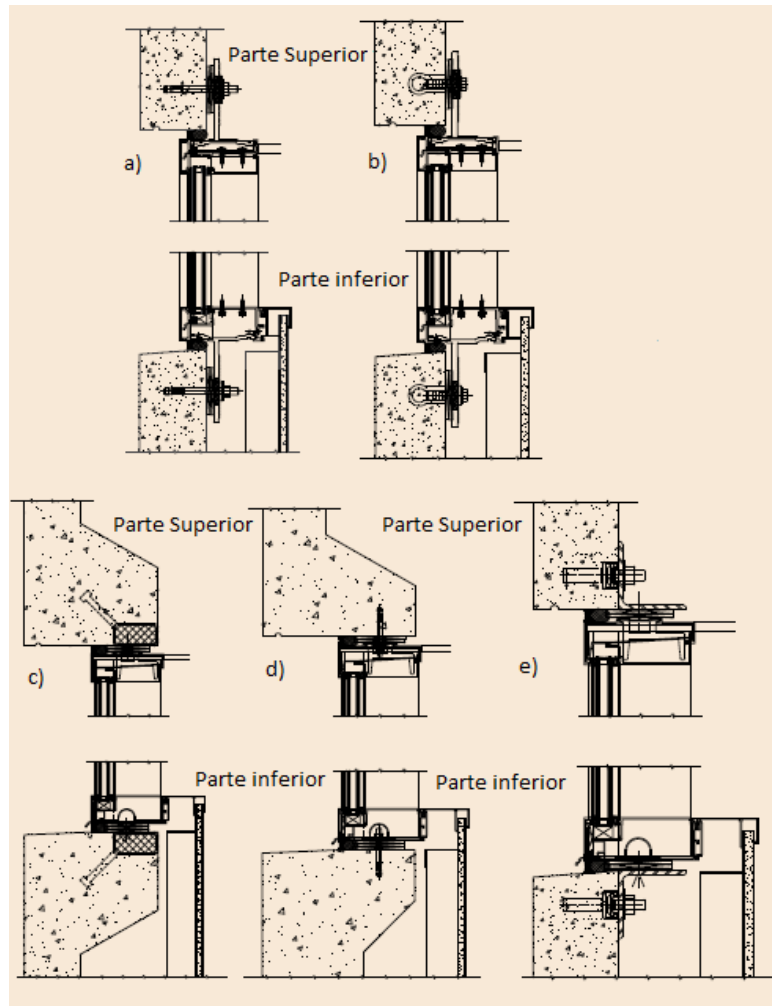


Fonte: O autor (2016)

Dependendo do tipo de janela, a instalação pode ser realizada antes do painel ser enviado para o canteiro de obras, processo que reduz custos e tempo do empreendimento. Entretanto, a instalação das janelas ocorre geralmente no canteiro. A localização dos dispositivos de fixação deve ser combinada com o projetista estrutural, de forma a evitar interferência nas armaduras dos elementos pré-moldados. Ademais, os dispositivos podem ser fixados nos painéis durante sua fabricação, de forma a agilizar o processo de montagem em obra (PCI, 2007, tradução nossa).

O detalhamento da conexão entre a janela e o painel deve ser realizado levando-se em conta os seguintes aspectos: conexão mecânica da esquadria no painel de concreto, estimativa dos movimentos da junta, seleção do material selante, impermeabilidade, hermeticidade e drenagem da água. A ligação entre a esquadria e o painel dependerá do formato do painel onde a janela será fixada, das opções oferecidas pelos fabricantes e definições de projeto (PCI, 2007, tradução nossa). A Figura 32 mostra diferentes dispositivos e formas de se fixar as janelas aos painéis pré-moldados.

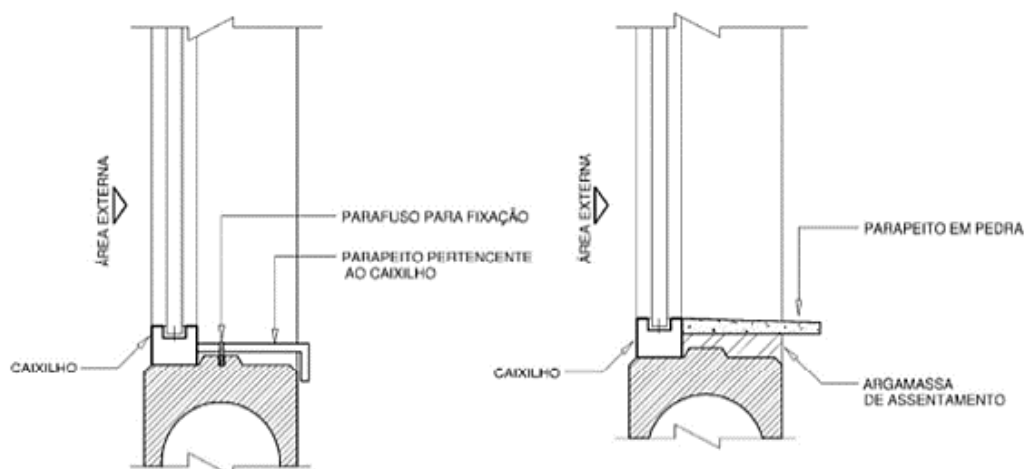
Figura 32 - Fixação de janelas em painéis pré-moldados



Fonte: Adaptado de PCI (2007)

A Figura 33 mostra outros dois exemplos de fixação de janela em painel pré-moldado. Nesse caso, painéis alveolares apresentam ligação macho/fêmea e, para maior eficiência da vedação, é ideal que a parte inferior do caixilho esteja ligado ao conector macho do painel (MUNTE, 2004).

Figura 33 - Fixação da janela em painel alveolar



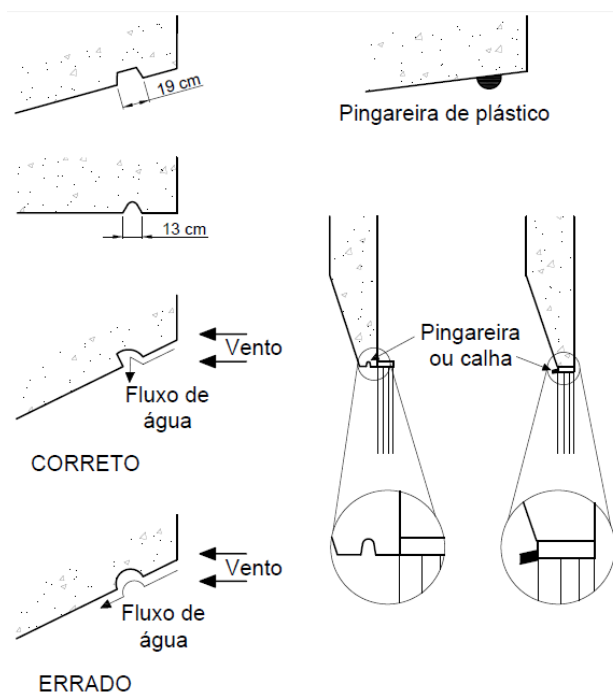
Fonte: Munte (2004)

Se forem utilizados dispositivos metálicos ferrosos em esquadrias de alumínio, os dispositivos devem ser galvanizados ou revestidos com duas camadas de tinta betuminosa ou primer rico em zinco, visando evitar a corrosão. Pode-se também utilizar dispositivos plástico entre os metais, evitando o contato entre o aço e o alumínio (PCI, 2007, tradução nossa).

A impermeabilização da ligação entre a janela e o painel pré-moldado é uma etapa muito importante para que se evite infiltrações no edifício. Infiltrações podem ocorrer devido a falha na adesão do selante, causada pela incorreta preparação das superfícies ou escolha inadequada do material utilizado. Esse problema pode gerar manchas de umidade nas paredes, no chão e no teto e reduzir a capacidade de isolamento da edificação. Para a impermeabilização da ligação, pode-se aplicar vedação com um ou dois estágios, da mesma forma que em ligações entre painéis (PCI, 2007, tradução nossa).

Além da calafetação com selante, outras práticas simples, e muitas vezes subestimadas, podem auxiliar a impedir a infiltração de água no edifício. Dentre elas, pode-se citar: beirais acima da janela, que reduzem a exposição direta da esquadria à chuva; soleiras inclinadas para fora (com no mínimo 2% de inclinação), que impedem o acúmulo de água próximo à esquadria; janelas recuadas para dentro do plano da parede, sendo que um pequeno recuo já proporciona proteção contra a água da chuva que escorre pela parede; e pingadeiras e calhas, que afastam a água para longe das juntas, caixilhos e do vidro das janelas (PCI, 2007, tradução nossa). A Figura 34 mostra como devem ser executadas as pingadeiras e calhas em edificações de concreto pré-moldado, de acordo com o formato da parte superior da janela.

Figura 34 - Pingadeiras em edificações em concreto pré-moldado



Fonte: Adaptado de PCI (1999)

O Código de Prática para Construções com Concreto Pré-Moldado de Hong Kong (CODE OF PRACTICE FOR PRECAST CONCRETE CONSTRUCTION, 2003, tradução nossa) sugere que sejam realizados testes para verificar se há infiltração de ar ou água pelos caixilhos da janela. O teste mais eficaz é a inspeção das juntas concluídas após uma chuva forte no canteiro de obras. Não havendo chuvas, a ligação pode ser testada por pulverização de água horizontalmente no local entre a janela e o painel. No caso de penetração de água, a vedação da junta deve ser refeita até que apresente estanqueidade satisfatória.

2.5 LOGÍSTICA

Todas as obras de engenharias precisam ser bem planejadas para que se consiga finalizá-las no prazo, dentro do orçamento estipulado e com qualidade. No caso do uso de pré-moldados de concreto, além do planejamento geral deve-se pensar na gestão logística de manejo das peças, devido ao fato de se trabalhar com elementos de grandes dimensões e, normalmente, com prazos apertados. Esse estudo deve ser realizado na fase inicial de concepção do empreendimento, pois algumas soluções só poderão ser adotadas se todas as etapas da produção e todos os agentes envolvidos forem considerados por completo (NASCIMENTO, SERRA e FERREIRA, 2010). Planejar a execução do transporte, armazenamento, movimentação e

montagem das peças é extremamente importante para se evitar situações que afetem a segurança dos operários, o cronograma proposto e a integridade da estrutura (ABDI, 2015).

Para a escolha do local de produção dos elementos deve-se considerar aspectos financeiros, técnicos e operacionais (NASCIMENTO, SERRA e FERREIRA, 2010). Durante a produção, a desmoldagem dos elementos ocorre em baixas idades, muitas vezes inferiores a 24 horas, com o intuito de se otimizar o uso das formas. Para que esse processo seja realizado sem transtornos, a resistência e idade mínima para desmoldagem devem ser especificadas em projeto e, além disso, os procedimentos utilizados na indústria devem ser validados pelo projetista estrutural, para que as liberações na produção sejam orientadas por esses critérios (ABDI, 2015).

A NBR 9062 (2006) ainda afirma que durante todas as fases transitórias os elementos devem possuir rigidez lateral suficiente para evitar deformações e fissuração excessiva. Essa característica pode ser obtida através de travamento com acessórios, protensão temporária ou pela própria forma da peça. Além disso, os pontos de apoio e suspensão devem constar no projeto e atender às condições de resistência e deformação permanente, considerando as propriedades do concreto correspondente à maturidade efetiva do material.

O transporte e a montagem são considerados as fases críticas do processo produtivo, por exigirem uma logística complexa muitas vezes negligenciada pelas empresas do ramo, pois ainda não há uma cultura difundida com critérios e regras para essas atividades. Raia Jr (2007, apud NASCIMENTO, SERRA e FERREIRA, 2010) afirma que o transporte é uma das etapas mais importantes para a concretização da correta gestão logística, por ser a atividade que costuma ter o maior peso no percentual de custos. O custo de transporte, formado por frete, impostos e pedágio, pode, em alguns casos, tornar o uso de pré-moldados uma solução inviável. Por isso, deve-se sempre pensar e planejar como será realizada a escolha e programação dos veículos, o roteiro do transportador, a definição de acessos na obra e o carregamento e descarga das peças. A Figura 35 mostra o transporte de pilares de 35 metros utilizados na construção do Galpão 5 do Estaleiro Atlântico Sul em Recife, Pernambuco.

Figura 35 - Transporte de pilar com 35 metros de altura



Fonte: Millen (2009)

Os fabricantes das peças realizam um controle de qualidade de produção e expedição, para que as peças cheguem no canteiro de obra em boas condições. O transporte envolve altos custos, portanto uma rejeição da peça no canteiro representa um prejuízo considerável aos fabricantes, além de poder provocar um atraso no cronograma (NASCIMENTO, SERRA e FERREIRA, 2010).

A armazenagem no canteiro é outro fator a ser considerado quando se utiliza concreto pré-moldado. Deve-se planejar primeiramente se as peças serão descarregadas já no local de armazenagem ou se será necessário de mudá-las de local na obra, uma vez que a movimentação de grandes peças poderá exigir o deslocamento de equipamentos no canteiro. Para Rodrigues e Agopyan (1991), a falha mais comum, e também mais grave, durante a armazenagem é o erro no posicionamento dos dispositivos nos quais as peças ficaram apoiadas. A posição correta deve ser especificada em projeto, pois a estocagem inadequada pode gerar fissuras e deformações indesejadas nas peças.

Visando prevenir problemas de armazenagem, um sistema que vem sendo incorporado ao mercado de pré-fabricados é o *Just-in-time*. Nesse processo, dispensa-se a etapa de estocagem, sendo que as peças chegam diretamente para a montagem do empreendimento. Dessa forma, economiza-se tempo, espaço e mão-de-obra, contudo, o sistema deve estar bem alinhado para que não ocorram atrasos (NASCIMENTO, SERRA e FERREIRA, 2010).

Para a movimentação das peças no canteiro e montagem da estrutura, os principais equipamentos utilizados são: autogruas (guindaste sobre plataforma móvel), guias de torre ou de pórtico e guindastes acoplados a caminhões convencionais (NASCIMENTO, SERRA e

FERREIRA, 2010). De acordo com El Debs (2000, p.56), os seguintes fatores devem ser considerados na escolha dos equipamentos:

- a) Pesos, dimensões e raios de levantamento das peças mais pesadas e maiores;
- b) Número de levantamentos a serem feitos e frequência das operações;
- c) Mobilidade requerida, condições de campo e espaço disponível;
- d) Necessidade de transporte dos elementos levantados;
- e) Necessidades de manter os elementos no ar por longos períodos;
- f) Condições topográficas de acesso;
- g) Disponibilidade e custo do equipamento.

Todos os fatores supracitados devem ser considerados para que a escolha do equipamento seja adequada e não haja imprevistos em obra.

A montagem da estrutura deve ser esquematizada de modo a se otimizar a utilização dos equipamentos e mão-de-obra. O planejamento deve conter: sequência de execução, plano de içamento das peças, verificação da necessidade de escoramentos temporários e acabamentos finais, como impermeabilização de juntas, cortes de alças e reparos a eventuais danos gerados durante as etapas transitórias (ABCIC, 2015). A NBR 9062 (2006) alerta sobre a necessidade de escoramento provisório para auxiliar o posicionamento das peças e garantir a estabilidade da estrutura até que a ligação entre os elementos esteja finalizada. Os escoramentos devem ser projetados de modo a não sofrer deformações que possam introduzir esforços que não foram previstos em projeto.

O empreendimento deve ser projetado de forma a se conseguir uma montagem fácil e ágil, pois essa é a etapa que pode ser afetada pelas condições climáticas do local. O projeto das ligações deve ser simples e compreensível, de modo que os elementos sejam posicionados e a estrutura seja finalizada rapidamente. Durante toda a montagem, as ligações devem ser acessíveis para que se possa fixar parafusos e porcas, executar serviços de solda e, além disso, verificar a qualidade final do trabalho realizado (ACKER, 2002).

Com relação às peças pré-moldadas, as limitações de todas as situações transitórias deverão ser consideradas para a definição de dimensões, pesos máximos e detalhes salientes. O tamanho das peças deve ser compatível com os locais de armazenamento, tanto em fábrica quanto em obra e com a capacidade dos veículos de transporte e equipamentos de montagem. Os detalhes salientes, como consolos, barras de armadura e outros elementos de ligação, podem acabar dificultando o carregamento dos caminhões e reduzindo a eficiência dos locais de armazenagem. Além do mais, todas as atividades devem ser realizadas com mais cautela e

cuidado para que os dispositivos não sejam danificados. Por isso, deve-se pensar na possibilidade, por exemplo, de substituir as barras de salientes de esperas por acopladores com rosca inseridos nos elementos e barras que possam ser parafusadas no canteiro (ACKER, 2002).

O planejamento da logística das obras que utilizam concreto pré-moldado é essencial para o sucesso do empreendimento. Com isso, a possibilidade de falhas e atrasos e a necessidade de improvisações no canteiro de obras canteiro serão reduzidas e as vantagens obtidas com o uso do sistema serão melhores aproveitadas.

2.6 CONTRATAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS

De acordo com a Lei nº 8.666 (1993, p.5), obra pública é “toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação, realizada por execução direta ou indireta”, sendo que, a execução direta é realizada pelos órgãos e entidades da Administração com seus próprios recursos e a execução indireta ocorre quando há a contratação de terceiros. A execução indireta pode ser realizada pelos seguintes regimes:

- a) empreitada por preço global - quando se contrata a execução da obra ou do serviço por preço certo e total;
- b) empreitada por preço unitário - quando se contrata a execução da obra ou do serviço por preço certo de unidades determinadas;
- c) tarefa - quando se ajusta mão-de-obra para pequenos trabalhos por preço certo, com ou sem fornecimento de materiais;
- d) empreitada integral - quando se contrata um empreendimento em sua integralidade, compreendendo todas as etapas das obras, serviços e instalações necessários, sob inteira responsabilidade da contratada até a sua entrega ao contratante em condições de entrada em operação, atendidos os requisitos técnicos e legais para sua utilização em condições de segurança estrutural e operacional e com as características adequadas às finalidades para que foi contratada (LEI Nº 8.666, 1993, p.5).

Segundo o manual de Obras Públicas do Tribunal de Contas da União (TCU, 2013) a conclusão de uma obra pública depende de várias etapas que devem ser seguidas de forma ordenada, para que a Administração tenha menor risco de prejuízos. O TCU (2013) separa o procedimento em 5 fases, com suas respectivas atividades, sendo elas:

1. Fase preliminar à licitação: Programa de necessidades, estudos de viabilidade e anteprojeto;

2. Fase interna da licitação: Projeto básico, projeto executivo, recursos orçamentários e edital de licitação;
3. Fase externa da licitação: Publicação do edital de licitação, comissão de licitação, recebimento de propostas e procedimento da licitação;
4. Fase contratual: Contrato, fiscalização da obra e recebimento da obra;
5. Fase posterior à contratação: Operação e manutenção.

As etapas que vêm antes da licitação são extremamente importantes para o sucesso do empreendimento, entretanto, muitas vezes, são menosprezadas. A fase preliminar tem o propósito de identificar necessidades, estimar os recursos e escolher a alternativa que melhor atenda à comunidade local. Na fase interna ocorrem as etapas preparatórias para a publicação do edital de licitação. Nessa fase deve ser elaborado o projeto básico, elemento mais importante na execução de obra pública, sendo que erros em sua definição podem comprometer o êxito do empreendimento. De acordo com a Lei 8.666 (1993, p. 5), o projeto básico é o:

Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos módulos e do prazo de execução.

A Lei 8.666 (1993, p.5, 6) também afirma que o projeto básico deve conter os seguintes elementos:

- a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a favorecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;
- b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;
- c) identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;
- d) informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;

- e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;
- f) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados;

Além disso, o projeto básico deve atender aos seguintes requisitos (TCU, 2013):

- a) Ter elementos suficientes para definir e caracterizar o que será contratado;
- b) Possuir nível de precisão apropriado;
- c) Assegurar a viabilidade técnica e o correto tratamento dos impactos ambientais gerados pelo empreendimento;
- d) Possibilitar a avaliação do custo da obra, assim como a definição dos métodos executivos e do prazo de execução.

Nessa fase também deve ser elaborado o projeto executivo, entretanto, a Lei 8.666/1993 permite que ele seja desenvolvido concomitantemente à realização do empreendimento. A fase interna ainda conta com a preparação do edital de licitação. No edital é definida a modalidade de licitação, sendo: convite, para empreendimentos com valor estimado de até R\$ 150.000,00; tomada de preço, até R\$ 1.500.000,00 e concorrência, empreendimentos acima de R\$ 1.500.000,00. Ainda há as modalidades concurso, leilão e pregão, para casos mais específicos de licitação. Quanto ao parcelamento e fracionamento da licitação, o TCU (2013) determina à Administração que:

Proceda ao parcelamento do objeto, sempre que a natureza da obra, serviço ou compra for divisível, com vistas a propiciar a ampla participação dos licitantes, devendo as exigências quanto à habilitação dos mesmos ser proporcionais ao parcelamento.

Quando houver o parcelamento, a modalidade das licitações deverá ser definida considerando-se o valor total estimado para o empreendimento, e não o valor da licitação fracionada. O edital de licitação ainda deve definir se as propostas serão avaliadas pelo menor preço, melhor técnica ou técnica e preço, sendo que os últimos dois são utilizados apenas em casos de trabalhos complexos (TCU, 2013).

A fase externa da licitação começa com a publicação do edital. Para cada modalidade de licitação é estabelecido um prazo mínimo para o recebimento das propostas. No caso de concorrência, por exemplo, são 45 dias para regime de empreitada integral ou licitação tipo melhor técnica ou técnica e preço, para os outros regimes e tipos, 30 dias. Todas as propostas serão avaliadas com relação aos requisitos exigidos no edital e após esse procedimento será

realizada a análise das propostas de preços dos participantes que forem habilitados (TCU, 2013).

A fase contratual começa com a assinatura do contrato. É nessa fase que acontece a execução da obra, sendo que a Administração deve fiscalizar todo o processo por intermédio de profissionais habilitados com experiência técnica suficiente para o acompanhamento e controle dos serviços executados. O órgão público tem o direito de realizar supressões e acréscimos de atividades que variem até 25% do valor inicial do contrato, sendo que o contratado é obrigado a aceitá-las nas mesmas condições contratuais. De acordo com a Lei 8.666/1993, o conjunto de reduções e o conjunto de acréscimos devem ser considerados de forma isolada, cada um deles sendo calculado sobre o valor original do contrato, sem que haja compensação entre eles. A fase contratual finaliza com o recebimento do empreendimento (TCU, 2013).

Logo após inicia-se a fase posterior à contratação, na qual o órgão público é responsável por operar e realizar as manutenções necessárias para o funcionamento adequado do empreendimento, de modo a estender sua vida útil (TCU, 2013).

Lupion (2016) afirma que há uma grande diferença entre o projeto apresentado pelo poder público na licitação e a construção realizada pela empreiteira vencedora. Isso acontece pois a Lei 8.666/1993 não exige que o poder público apresente um projeto executivo completo, apenas o projeto básico, que nem sempre possui o nível de detalhamento exigido. Esse procedimento acaba dando abertura para aditivos e atrasos, gerados devido a imprevistos durante a execução, que poderiam ser evitados se houvesse maior conhecimento sobre o terreno onde será construído o empreendimento, por exemplo.

Ribeiro (2012), concorda com a existência de problemas na licitação de obras públicas e ressalta que existem muitos relatos de empreendimentos com projetos básicos e executivos deficientes ou desatualizados, falta de supervisão, além de ausência de ferramentas adequadas para o controle e avaliação e carência de pessoal capacitado para realização dos serviços. Um fator que explica a falta de detalhamento nos projetos básicos é a necessidade de elaborá-los rapidamente para que os recursos orçamentários disponíveis para no momento não sejam perdidos. Isso faz com que aumente os índices de irregularidades no setor.

A execução de um empreendimento público compreende várias fases subdivididas em atividades com interdependência entre elas. Ademais, o processo envolve agentes de diferentes áreas de atuação. Por isso, a licitação de obras públicas exige alto nível de organização e comprometimento com os projetos iniciais para que o objeto final saia como foi planejado. Além disso, a fiscalização por parte do órgão público e a manutenção do empreendimento após

sua conclusão são etapas extrema importância para que o empreendimento desempenhe sua função adequadamente.

3 ESTUDO DE CASO

Inicia-se o estudo de caso com o procedimento metodológico utilizado. Na sequência, apresenta-se a descrição e caracterização do objeto de estudo, identificado neste trabalho pelo edifício Espaço Físico Integrado (EFI). Logo após, trata-se da apresentação e análise dos dados obtidos a partir das visitas realizadas no prédio e da etapa de anamnese e as sugestões de melhorias contendo as ações necessárias para minimizar, ou mesmo evitar os problemas encontrados. Finalmente, apresenta-se as considerações em relação ao estudo de caso.

3.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

De acordo com Silva e Menezes (2005) a pesquisa pode ser caracterizada com base na natureza e na abordagem do problema. Quanto à natureza, esta pesquisa é aplicada e do ponto de vista de abordagem do problema, a pesquisa é caracterizada predominantemente como qualitativa. Segundo Gil (2002) a pesquisa pode ser classificada considerando-se seu objetivo e procedimentos técnicos utilizados. Quanto aos objetivos, este é um estudo explicativo e com base nos procedimentos técnicos, essa é uma pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso. Bibliográfica, por ser baseada em material elaborado por outros autores sobre o assunto; documental, por analisar documentos internos da UFSC; e estudo de caso, pois a pesquisa se restringe a um prédio da UFSC e de acordo com Gil (2002, p.54) o estudo de caso “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”.

A amostra de estudo desta pesquisa é considerada não-probabilística intencional. Para a definição da amostra considerou-se o prévio conhecimento de problemas existentes no edifício, seu sistema construtivo e o tempo desde a conclusão de sua construção, de modo a trazer resultados relevantes à pesquisa e ao local de estudo.

A coleta de dados foi realizada por observação assistemática, por não haver planejamento e controle previamente elaborados, e individual, composta por apenas um pesquisador. Nas vistorias *in loco* foram utilizados os sentidos humanos e instrumentos, como trena e máquina fotográfica, que facilitaram a coleta de informações sobre os problemas encontrados. Para a anamnese, atividade de levantamento da história evolutiva dos problemas, foram realizadas entrevistas não-estruturadas com pessoas que possuem algum vínculo com o prédio, como gestores, outros servidores técnicos que utilizam o prédio diariamente e o diretor do DFO, responsável pela fiscalização das obras que ocorrem na UFSC. Além disso, realizou-se a coleta

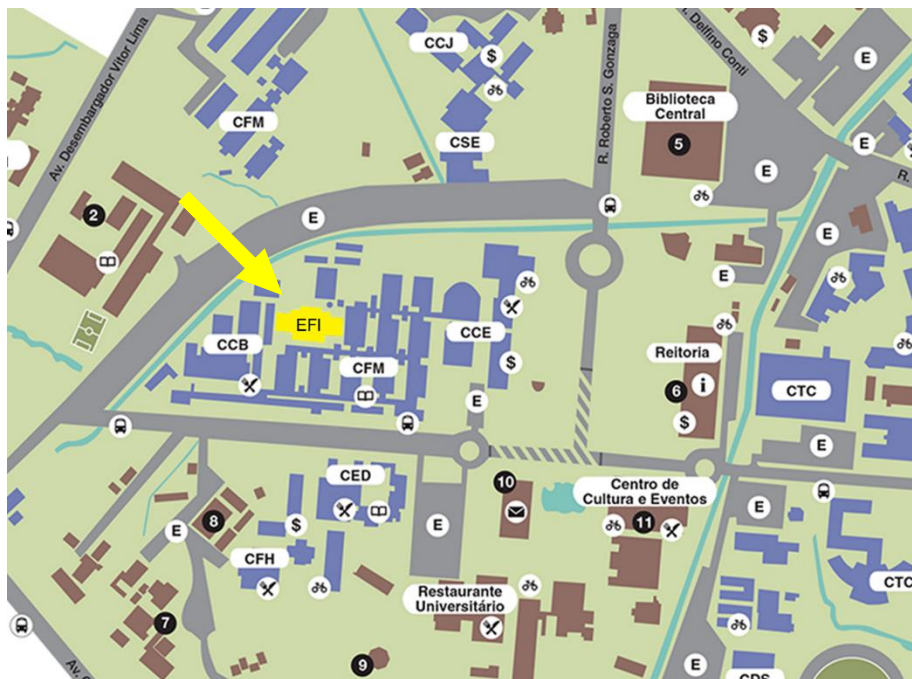
de documentos técnicos, como editais de licitação, projetos arquitetônicos, complementares e estruturais e memoriais de especificações do empreendimento.

Após a coleta de dados, as informações obtidas foram sistematizadas e analisadas, a fim de se compreender o motivo do surgimento dos problemas investigados e de que forma eles poderiam ser evitados.

3.2 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

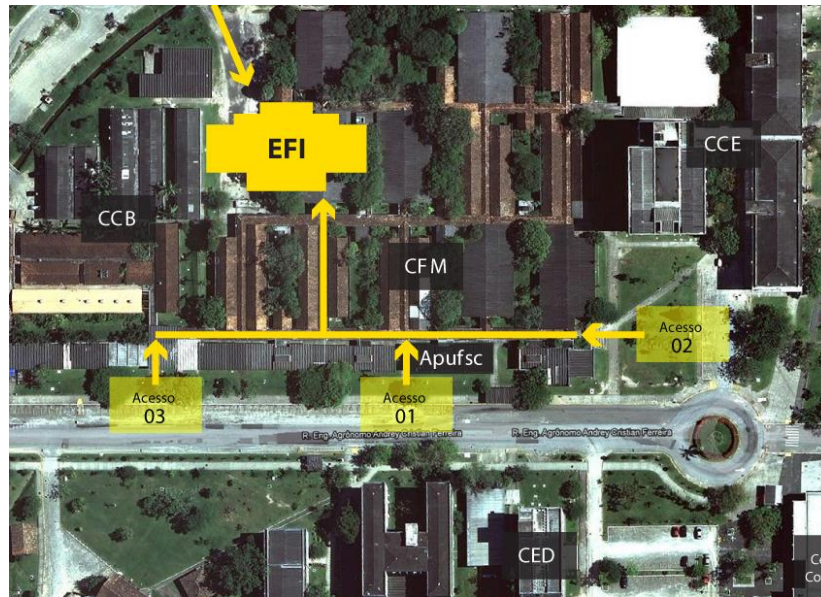
O Espaço Físico Integrado (EFI) localiza-se no *Campus* sede da UFSC, em Florianópolis, denominado Reitor João David Ferreira Lima, atrás do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas (CFM), por meio do qual se tem acesso à entrada principal do EFI. As Figura 36 e Figura 37 mostram a localização do prédio no *Campus* e seus principais acessos.

Figura 36 - Mapa da UFSC com a localização do prédio EFI



Fonte: Adaptado de UFSC (2016f)

Figura 37 - Prédio EFI e seus principais acessos



Fonte: UFSC (2016f)

O EFI, mostrado na Figura 38, é composto por cinco andares, além do térreo e do subsolo. O prédio possui um estacionamento, localizado no subsolo, vinte salas de aula, cinco salas de informática, dois auditórios, além de dois laboratórios de visitação de Física e Química, uma secretaria e uma lanchonete, localizados no térreo. O prédio, que possui 6.735 m² de área construída, foi inaugurado em maio de 2012, para que pudesse ser utilizado no segundo semestre do mesmo ano, entretanto a conclusão da obra ocorreu efetivamente em novembro de 2012 (UFSC, 2012).

Figura 38 - O prédio EFI



Fonte: O autor (2016)

O EFI foi construído em duas fases, ou seja, foram realizadas duas licitações para decidir a empresa que seria responsável por cada etapa. Essa divisão é realizada normalmente no setor público considerando a disponibilidade de recurso financeiro para a construção do empreendimento. As duas licitações foram realizadas na modalidade concorrência, do tipo menor preço e no regime de empreitada por preço global, quesitos em acordo com a Lei 8.666/1993.

A etapa I iniciou em fevereiro de 2009 e foi finalizada em dezembro de 2010. Nessa etapa foram realizados os serviços de fundações e estrutura em concreto pré-fabricado, abrangendo também os serviços preliminares, como limpeza do terreno e locação, e a limpeza final da obra. Os serviços de fundações incluíram o projeto e execução de 132 estacas tipo hélice contínua com profundidade média de 10 metros, sendo 68 unidades com 350 mm de diâmetro e 64 unidades com 500 mm de diâmetro e projeto e execução dos blocos de fundação em concreto moldado *in loco*. Os serviços de estrutura compreenderam o projeto, logística e execução de pilares e vigas pré-fabricadas com seções variáveis, conforme projeto arquitetônico, lajes alveolares pré-fabricadas protendidas com capa de concreto auto adensável moldado *in loco*, painéis de fechamento em placas de concreto pré-fabricado protendido de acabamento liso e rejuntamento entre vigas e pilares com mastique elástico. A Figura 39 mostra a montagem da estrutura em concreto pré-moldado.

Figura 39 - Montagem da estrutura



Fonte: UFSC (2010a)

A etapa II iniciou em setembro de 2010 e foi finalizada em novembro de 2012. Na segunda etapa foram realizados os serviços de fechamentos, divisórias, revestimentos, instalações e acabamentos. Os serviços de fechamentos incluíram a execução da alvenaria de

blocos de concreto celular, como pode ser visto na Figura 40. Os serviços de divisórias compreenderam a execução das paredes duplas de placas cimentícias com miolo de madeira em sistema *steel frame* e divisórias em vidro temperado nos banheiros. Os revestimentos incluíram a colocação de pisos e placas cerâmicas, serviços de pintura e revestimentos acústicos em madeira. As instalações incluíram a execução das instalações hidrossanitárias, elétricas, telecomunicações e prevenção contra incêndio. A segunda etapa ainda incluiu colocação de esquadrias, elevadores, bancos e floreiras, forro, guarda-corpos, cobertura, impermeabilizações, corrimãos, além da elaboração do projeto *as-built* e limpeza final da obra.

Figura 40 - Execução da alvenaria



Fonte: UFSC (2010b)

3.3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste subcapítulo serão apresentados os dados obtidos através das visitas ao edifício, anamnese e estudo dos documentos técnicos da UFSC. Apesar do foco do estudo ser o sistema de pré-moldados em concreto, problemas em outros sistemas da edificação também serão abordados nesse subcapítulo.

3.3.1 Processo licitatório e logística da construção

No que diz respeito ao prédio EFI, o processo licitatório, desde o estudo de necessidades, a escolha do sistema construtivo que seria utilizado na edificação, a elaboração do projeto básico, a publicação do edital de licitação até a seleção da empresa vencedora foi realizada pelo

Escritório Técnico-Administrativo da UFSC (ETUSC¹) da Pró-Reitoria de Infra-Estrutura (PROINFRA). Atualmente, o DPAE é o departamento responsável pelo processo licitatório. No caso de sistemas pré-moldados a empresa que vence a licitação é também responsável pelo projeto estrutural, sendo que o DPAE realiza apenas um pré-dimensionamento para verificar se o projeto produzido pela empresa está condizente. Isso acontece para que não haja problemas de compatibilidade entre o projeto e as peças que podem ser fabricadas pela empresa.

A empresa SALVER CONSTRUTORA E INCORPORADORA LTDA ganhou a CONCORRÊNCIA n°. 015/2008 e ficou responsável pela execução da primeira etapa de construção do EFI. A empresa PROAÇO ESTRUTURAS E CONSTRUÇÕES LTDA produziu as peças pré-fabricadas e elaborou o projeto estrutural. Ambas as empresas são de Ituporanga, Santa Catarina. A segunda etapa, CONCORRÊNCIA n°. 008/2010, foi vencida pela empresa PLANECON PLANEJAMENTO E CONSTRUÇÕES LTDA, localizada em São José, Santa Catarina.

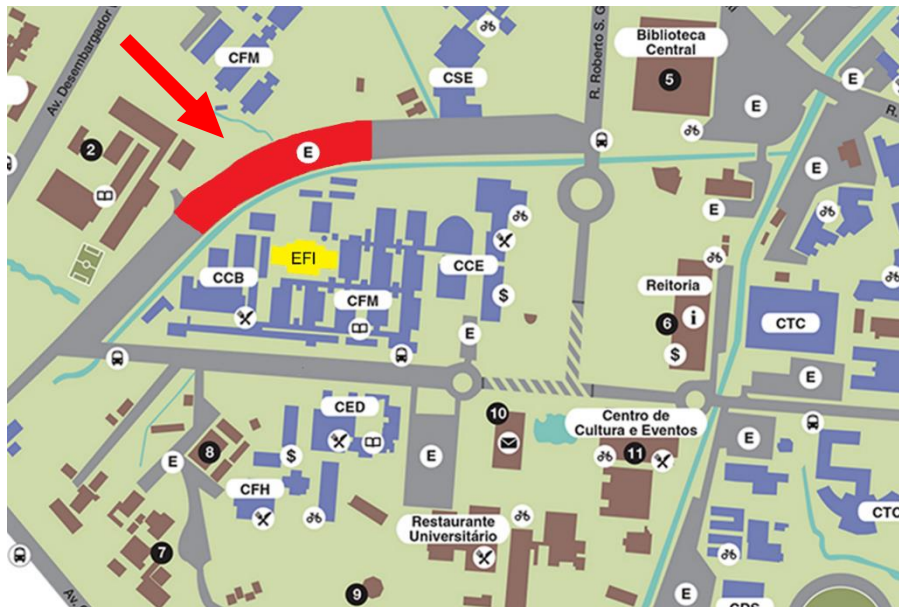
A principal vantagem do sistema em concreto pré-moldado é a sua rápida construção, fator muito importante para edifícios como hotéis e shopping centers, onde se necessita de execução ágil para que se comece a obter o retorno financeiro. Entretanto, no caso de obras públicas, essa vantagem pode acabar desaparecendo devido ao longo processo burocrático exigido para a execução do empreendimento e a menor cobrança sobre as construtoras, se comparado a obras privadas. No caso do EFI, a primeira etapa aconteceu com um atraso de três meses, sendo a previsão de término setembro de 2010. A previsão de término da segunda etapa era novembro de 2011 e sua conclusão ocorreu apenas um ano depois. Um dos fatores que pode estar relacionado ao atraso na conclusão da obra é a mudança na administração da UFSC, que ocorreu em 2012. Com a alteração na gestão da Universidade, muitos processos e procedimentos são modificados, o que pode acabar atrasando as obras que estão sendo executadas.

A empresa que produziu as peças pré-fabricadas se situa em Ituporanga, município localizado à aproximadamente 170 km da UFSC, distância que dificultou a logística de transporte das peças até Florianópolis. Devido à distância entre a fábrica e a obra, a empresa esperava produzir certa quantidade de peças, para enviá-las todas juntas, fato que também acabou atrasando a execução da obra em alguns momentos.

¹ O ETUSC foi dividido em 2010 em DPAE (Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia) e DOMP (Departamento de Obras e Manutenção Predial). Em 2013 o DOMP se dividiu em DFO (Departamento de Fiscalização de Obras) e DMPI (Departamento de Manutenção Predial e Infraestrutura).

Outro fator que afeta a logística do uso de pré-fabricados é a armazenagem das peças em obra. No caso do EFI, as peças ficaram armazenadas no estacionamento próximo ao CFM (Centro de Ciências Físicas e Matemáticas) e ao CSE (Centro Socioeconômico), mostrado na Figura 41 e Figura 42. A utilização do estacionamento como local de armazenagem das peças impediu a passagem de carros pela Rua Engenheiro Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, que faz a ligação entre a Biblioteca Universitária e o Colégio de Aplicação. Além de obstruir a passagem de carros, perdeu-se grande parte do estacionamento, o que foi um problema para as pessoas que utilizam carro para vir para a UFSC, visto que, dependendo do horário, faltam vagas em estacionamentos abertos. Ademais, não adiantaria todas as peças chegarem ao mesmo tempo na obra, pois não haveria espaço suficiente para estocá-las.

Figura 41 - Estacionamento onde ficaram armazenadas as peças pré-fabricadas



Fonte: Adaptado de UFSC (2016f)

Figura 42 – Foto do estacionamento onde ficaram armazenadas as peças pré-fabricadas



Fonte: O autor (2016)

O processo licitatório para a construção de novos prédios na UFSC é realizado pelo tipo menor preço. Com isso, não há como a UFSC escolher a empresa que seja mais conveniente para a Universidade, como por exemplo, nesse caso, uma empresa que se localizasse mais perto de Florianópolis. Portanto, constata-se que as condições impostas pelo processo licitatório podem afetar diretamente a construção da obra, ocasionando empecilhos a sua execução, como pode ser verificado nesse caso.

Quanto à armazenagem das peças, é possível se utilizar o sistema *Just-in-time*. Entretanto, esse processo no qual as peças chegam diretamente para a montagem sem haver necessidade de estocagem exige um planejamento minucioso, que deve ser seguido rigorosamente para que problemas maiores de atraso não ocorram, e dificilmente consegue-se isso em obras públicas. Portanto, uma grande área para a estocagem das peças deve ser prevista durante o estudo de viabilidade do empreendimento. Em casos onde não há espaço livre próximo à obra, esse fator deve ser levado em conta como uma desvantagem do sistema pré-moldado em relação a outros sistemas construtivos, como o concreto moldado *in loco*. Todos os aspectos devem ser avaliados para que se decida se o uso do sistema pré-moldado é o mais adequado ao empreendimento.

3.3.2 Ligação entre elementos

Como mostrado na fundamentação teórica (item 2.4), a ligação entre os elementos é a parte mais crítica e propensa a problemas no sistema de pré-moldados de concreto. Por isso, seu projeto e execução devem ser realizados com cautela, de forma a reduzir a probabilidade

de ocorrerem falhas. No prédio EFI alguns problemas foram identificados nas ligações entre as peças.

A recomendação para a espessura nas ligações entre painéis pré-moldados varia para diferentes autores e normas, sendo que deve se levar em conta os esforços aos quais a junta será solicitada para a definição da espessura. Ainda assim, pode-se considerar que a junta de ligação deve ter entre 12 e 30 milímetros. No EFI não há uma padronização na espessura das juntas e, além disso, algumas juntas apresentam espessuras muito maiores do que o indicado. A Figura 43 mostra a disparidade entre as juntas vertical e horizontal entre painéis da fachada norte. A Figura 44 mostra a junta vertical, com aproximadamente 9 cm de espessura e na Figura 45 pode-se ver a junta horizontal, com aproximadamente 3 cm de espessura.

Figura 43 - Disparidade nas espessuras das juntas entre painéis



Fonte: O autor (2016)

Figura 44 - Junta vertical com 9 cm de espessura



Fonte: O autor (2016)

Figura 45 - Junta horizontal com 3 cm de espessura



Fonte: O autor (2016)

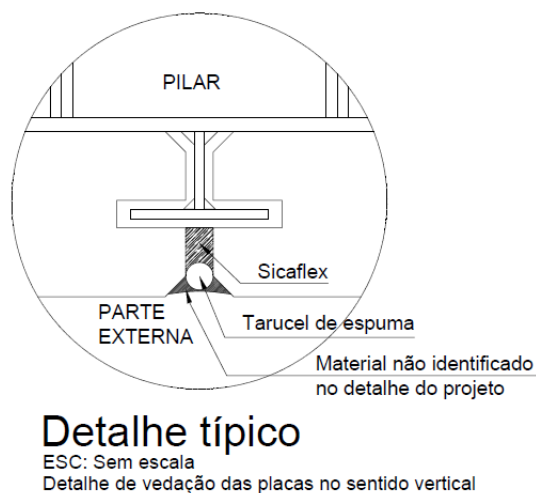
O memorial de especificações para execução de fundações e estrutura em concreto pré-fabricado - Etapa 1 do EFI, elaborado pelo ETUSC afirma que:

Os painéis deverão dispor de sistema de montagem que garanta a impermeabilidade, seja ela por encaixes ou por sistemas que garantam a saída d'água. O sistema de vedação, por uso de mastic, não serão permitidos para

esta função, pois podem descolar ao longo do tempo. O mastique será usado apenas para acabamento estético.

No projeto estrutural do sistema pré-fabricado há apenas um detalhe que mostra como deve ser executada a vedação vertical, como pode ser visto na Figura 46.

Figura 46 - Detalhe da vedação vertical entre painéis



Fonte: Adaptado do Projeto Estrutural do EFI (2009)

Considerando as orientações do memorial de especificações, supõe-se que o material não identificado no detalhe, utilizado na parte externa da junta, seja mastique.

O PCI (2007, tradução nossa) afirma que na ligação entre as juntas o material selante deve ser aplicado próximo à face externa do painel pré-moldado, depois da colocação de um material de apoio, que seve de suporte e controla a profundidade do selante. Não há nas bibliografias pesquisadas nenhuma comprovação de que o procedimento mostrado na Figura 46 seja correto e eficaz. Portanto, as ligações entre juntas deveriam ser executadas como mostrado na Figura 28 do capítulo 2.4.5 Juntas de ligação. Ou ainda, outras soluções menos suscetíveis à problemas de infiltração poderiam ser utilizadas para as ligações entre as placas pré-moldadas, como por exemplo, encaixes macho/fêmea.

Além do sistema de vedação utilizado não parecer adequado, ainda há o problema da espessura. Para fim de verificação de compatibilidade entre os materiais de vedação aplicados e as espessuras encontradas utilizou-se as especificações dos produtos oferecidos pela empresa Sika Brasil. De acordo com a Sika Brasil (2011) o Sikaflex® - Construction é um selante monocomponente de poliuretano e é indicado para:

Selar juntas em edificações da construção civil, como juntas de movimentação e juntas de conexão / isolamento em volta de janelas e portas, fachadas,

revestimentos de aço inoxidável, assim como para juntas em concreto, alvenaria, madeira, metal e PVC.

No caso da utilização do selante em superfícies porosas, como o concreto, a Sika Brasil (2011) indica o uso de primer à base de poliuretano e solventes, que deve ser aplicado usando um pincel ou trincha apenas nas laterais onde será colado o selante. A superfície deve estar limpa e seca, livre de óleo, graxa, pó, partículas soltas ou friáveis antes da aplicação do primer e o selante deve ser aplicado de 40 a 120 minutos depois da aplicação do primer. A utilização de sika-flex é recomendada em juntas com largura mínima de 10 mm e largura máxima de 40 mm. Ou seja, algumas juntas executadas no EFI não possuem espessura compatível com a capacidade de movimentação do selante.

Da mesma forma, a Sika Portugal (2016) fornece o Sikaflex®-HP1, mastique elástico à base de poliuretano. O mastique é indicado para selagem de juntas de dilatação e de construção, selagem de juntas de vedação entre elementos em concreto tijolo, madeira, PVC ou metal e selagem de juntas de calafetagem. A superfície onde o produto será aplicado deve estar limpa e seca, sem gordura, poeiras e partículas soltas e pinturas e outras partículas friáveis devem ser removidas. No caso de sua utilização em bases porosas, como o concreto, indica-se o uso de primer a base de solventes com base química de resina de epóxi. O primer deve ser aplicado de 30 minutos a 5 horas antes da aplicação do mastique. A utilização de mastique é recomendada em juntas com largura mínima de 10 mm e largura máxima de 35 mm, ou seja, o produto também não é compatível com algumas juntas executadas no EFI.

Devido a execução inadequada das juntas entre painéis, observou-se em uma das visitas ao prédio após um dia de chuva, uma infiltração entre as placas pré-moldadas e o pilar e a viga que as sustentam, como mostrado na Figura 47.

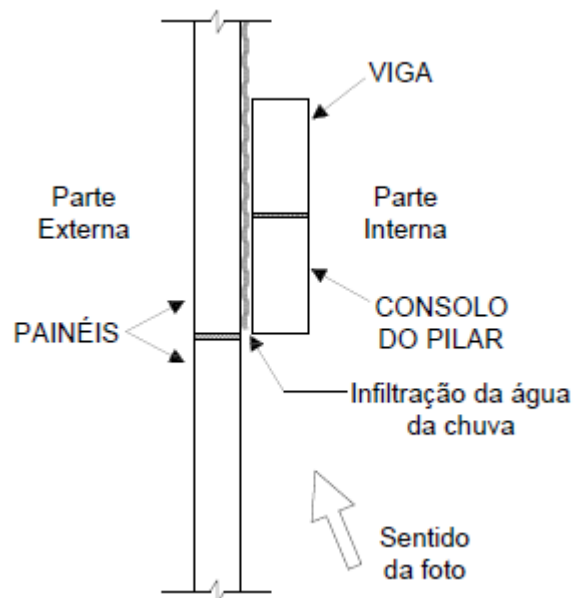
Figura 47 - Infiltração ocorrida pela junta entre as placas pré-moldadas



Fonte: O autor (2016)

Essa parte da estrutura se localiza no fechamento da escada entre o térreo e o primeiro andar na fachada norte do prédio. A Figura 48 facilita o entendimento da Figura 47.

Figura 48 - Desenho explicativo da Figura 47



Fonte: O autor (2016)

O problema de infiltração mostra que, mesmo o prédio tendo sido concluído há apenas 4 anos, o sistema de vedação já não desempenha sua função adequadamente.

Além do problema no projeto e execução das juntas entre painéis pré-moldados, observou-se também falhas na execução das ligações entre vigas e pilares. O memorial de

especificações para execução de fundações e estrutura em concreto pré-fabricado - Etapa 1 do EFI, elaborado pelo ETUSC, indica que deve-se utilizar almofadas de apoio de neoprene nas ligações e mastique adesivo flexível em seu acabamento. Nessa situação, a função do mastique é apenas de acabamento, entretanto, algumas ligações não apresentam um resultado final esteticamente aceitável, sendo que o mastique não está totalmente aderido nas peças pré-moldadas, como pode ser visto na Figura 49.

Figura 49 - Aplicação incorreta do mastique na ligação entre viga e pilar



Fonte: O autor (2016)

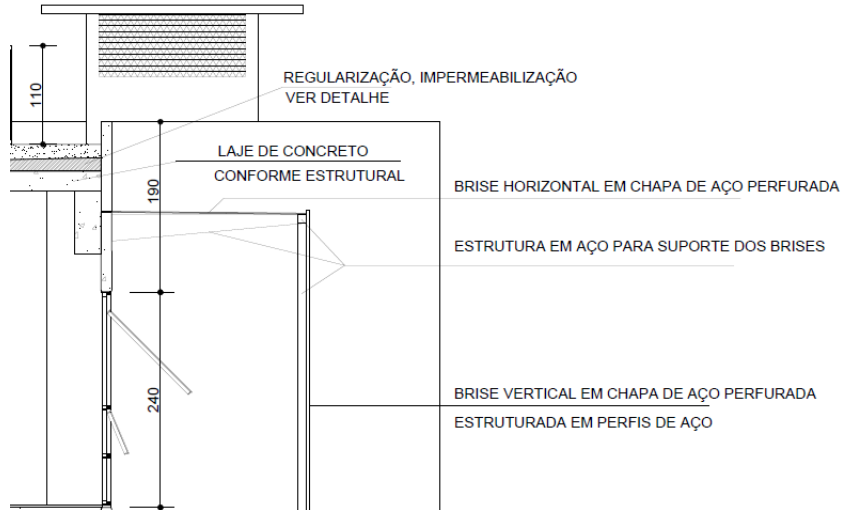
Portanto, o produto também não desempenha a função para qual foi destinado nesse caso. Para se obter um acabamento satisfatório, a aplicação do mastique deve ser realizada seguindo os passos citados anteriormente.

3.3.3 Proteção das janelas: brises, marquises e vedação

O prédio EFI apresenta um grande problema de divergência entre o projeto e a execução. De acordo com o memorial de especificações de materiais e serviços - Etapa 2 do EFI, redigido pela empresa KNOW HOW ENGENHARIA LTDA sob responsabilidade do ETUSC, deveriam ser instalados “brises em chapas de aço galvanizado a fogo perfuradas, com pintura eletrostática, na cor e dimensões conforme detalhe específico do Projeto Arquitetônico” nas fachadas norte e sul do prédio (fachadas maiores). E, apenas na fachada sul, deveria ser instalado um brise horizontal “em vidro laminado incolor, apoiado em perfis tubulares de aço

inoxidável, conforme projeto e detalhe específico”. O projeto arquitetônico apresenta os desenhos e indicações dos brises, como mostrado na Figura 50.

Figura 50 - Detalhe mostrando os brises no projeto arquitetônico



Fonte: Adaptado do Projeto Arquitetônico do EFI (2009)

Segundo o memorial de especificações, “os desenhos das estruturas metálicas do projeto arquitetônico servem apenas de diretriz para o projeto dos brises, que deverá ser concebido e calculado por profissional habilitado”. Entretanto, não há, entre os projetos fornecidos pelo DFO à pesquisadora, um projeto que mostre o dimensionamento e detalhamento dos brises. Consequentemente, nenhum brise foi executado no prédio EFI.

O mesmo acontece com as marquises. O projeto arquitetônico apresenta marquises de 180 cm de largura na cobertura do prédio nas fachadas norte e sul, entretanto, assim como os brises, elas não foram executadas, como pode ser visto na Figura 51 a e b.

Figura 51 - Fachadas norte e sul sem brises ou marquises



a) Fachada Norte



a) Fachada Sul

Fonte: O autor (2016)

Os brises e marquises são responsáveis por proteger as janelas das intempéries naturais e da incidência direta de raios solares. Devido a inexistência desses elementos arquitetônicos, o vidro das janelas das salas 402, 502 e 504 foram cobertas com papel pardo, com o objetivo de barrar a incidência direta dos raios solares, que atrapalha o andamento das aulas. A Figura 52 mostra as janelas cobertas por papel pardo.

Figura 52 - Janelas da sala 504 cobertas por papel pardo



Fonte: O autor (2016)

De acordo com o Diretor do DFO, optou-se por realizar uma supressão contratual dos serviços de brises para que houvesse recursos financeiros para o acréscimo (aditivo) de outros

serviços mais urgentes e necessários ao empreendimento. Uma nova licitação seria realizada para a colocação de brises em vários prédios da UFSC posteriormente, contudo, a execução dos brises não foi realizada até agora.

Nesse caso, a falta dos brises não é uma falha técnica de negligência, e sim, um problema de origem administrativo. Todos os gastos do empreendimento devem ser previstos na fase interna da licitação, para que se verifique se há recurso financeiro disponível para construir a edificação com qualidade.

Um outro problema relacionado às janelas refere-se à sua fixação e vedação. O TCU (2013) recomenda que o projeto básico, elaborado pelo próprio órgão público antes da licitação, deve conter as soluções técnicas globais e localizadas, sendo que a deficiência das especificações pode levar a utilização de materiais inadequados. No caso do projeto básico do EFI, não há detalhes que mostrem claramente o projeto das janelas, com seus dispositivos de fixação e sistemas de vedação. No projeto executivo das janelas do empreendimento há uma indicação da necessidade de vedação nas junções, entretanto, não há um detalhe mostrando como executá-las, conforme pode ser visto na Figura 53.

Figura 53 - Projeto executivo das janelas



Fonte: Adaptado do Projeto Executivo de Janelas do EFI (2010)

De acordo com o memorial de especificações de materiais e serviços - Etapa 2 do EFI, “A fixação ao concreto e às paredes será por meio de BUCHAS e PARAFUSOS ZINCADOS. Todas as JUNÇÕES serão preenchidas com MASTIQUE SILICONE INCOLOR. Seguir todas as especificações recomendadas pelo fabricante”. O memorial indica os materiais a serem utilizados, entretanto, também não há indicações de como a janela deve ser executada.

De acordo com o diretor do DFO, a fixação das esquadrias é uma etapa problemática em prédios construídos com o sistema pré-moldado de concreto. Nos empreendimentos em que o

fechamento externo é realizado com alvenaria de vedação, um contramarco de concreto é chumbado na alvenaria, deixando o espaço exato para a fixação das janelas. O próprio contramarco possui barreiras que impedem a entrada de água pelo contorno da janela.

No caso do fechamento com painéis pré-moldados, não há como utilizar contramarcos, sendo que as janelas são fixadas diretamente nas placas pré-moldadas. Contudo, devido aos desvios dimensionais dos painéis e variações nas espessuras das juntas de ligação entre placas, as aberturas deixadas para o encaixe nem sempre são compatíveis com o tamanho das esquadrias. Nesse caso, se a execução da vedação não for realizada adequadamente ou se o material selante não for apropriado para a espessura do vazio entre a janela e o painel pré-moldado, poderão ocorrer infiltrações pelo contorno das janelas, problema que aconteceu no EFI.

Diversas salas de aula do prédio apresentam manchas no piso próximo às janelas, como pode ser visto na Figura 54 e na Figura 55. Além disso, na sala 501 encontrou-se um piso parcialmente descolado, mostrado na Figura 56. O descolamento da placa de borracha pode ter ocorrido em consequência da alta umidade no local devido às infiltrações. Encontrou-se também placas de borracha enrugadas, com sinal de descolamento, próximas às janelas na área de circulação do 5º andar (Figura 57).

Figura 54 - Mancha nos pisos próximos às janelas na sala 304



Fonte: O autor (2016)

Figura 55 - Mancha nos pisos próximos às janelas na sala 501



Fonte: O autor (2016)

Figura 56 - Piso parcialmente descolado na sala 501



Fonte: O autor (2016)

Figura 57 - Placas de borracha enrugadas na área de circulação do 5º andar



Fonte: O autor (2016)

Nesse caso, se as aberturas tivessem o tamanho indicado no projeto, adequado para a fixação das janelas, a possibilidade de problemas de vedação já seria consideravelmente menor. Para que isso aconteça, as placas devem ter as dimensões corretas e as espessuras das juntas de ligação devem ser padronizadas e executadas de acordo com o projeto. Nessa situação, a fiscalização tanto no recebimento das peças, quanto durante a montagem dos elementos é essencial.

Peças pré-fabricadas com variações dimensionais maiores que as tolerâncias admitidas na NBR 9062 (2006) não devem ser aceitas. Para painéis pré-moldados, permite-se uma tolerância de +/- 10 mm para peças com comprimento de até 5 metros, +/- 15 mm para comprimentos entre 5 e 10 metros e +/- 20 mm para comprimentos maiores que 10 metros. A espessura da placa pode variar de -5 mm a +10 mm. O controle do recebimento das peças pode ser realizado por um sistema de inspeção por amostragem.

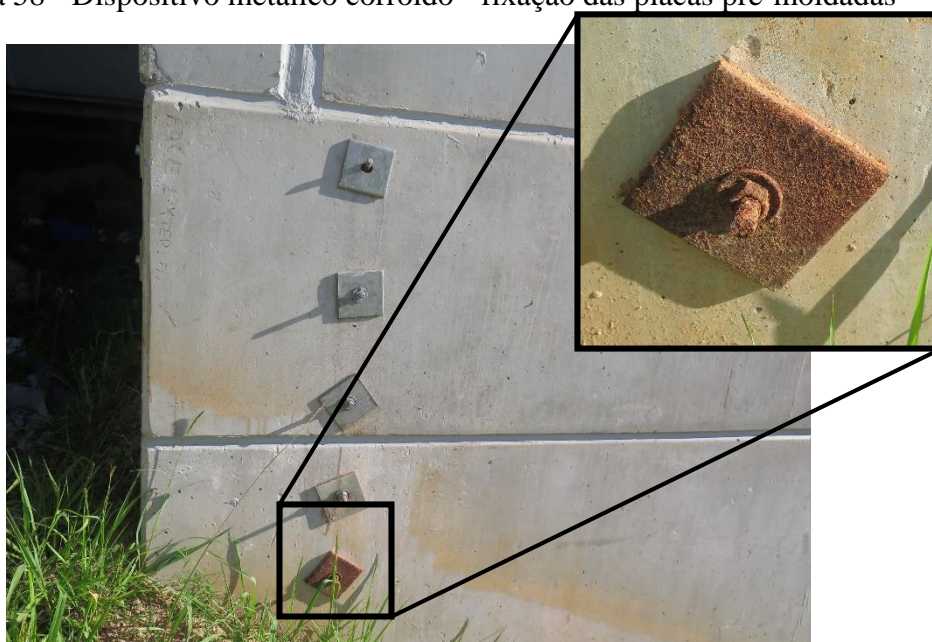
Nos casos onde ainda existir um vazio entre a janela e a placa pré-moldada, esse deve ser preenchido com um material de vedação como a espuma expansiva de poliuretano. A empresa Sika Brasil informa que esse produto é indicado para fixação e isolamento de juntas ao redor de janelas, batentes de portas, passagens de tubulações, sistemas de ar condicionados e equipamentos elétricos e apresenta ótima adesão em metais e concreto. Para esse produto não há limitações quanto a espessura da junta. Após a aplicação da espuma expansiva, as junções devem, então, ser vedadas com o mastique silicone incolor, como indicado no memorial de especificações.

Além da vedação da ligação com mastique, outras práticas podem auxiliar a impedir a infiltração de água pelas janelas. Dentre os artifícios, pode-se citar o uso de beirais acima das janelas, soleiras inclinadas, janelas com recuo para dentro do plano da parede, pingadeiras e calhas, como mostrado na Figura 34 do capítulo 2.4.6 Ligação Esquadria-Painel. Ademais, deve-se testar a vedação da janela, verificando se há infiltração de água pelo caixilho. A verificação pode ser realizada após uma chuva forte ou pode-se realizar um teste por pulverização de água horizontalmente no local entre a junta e o painel. No caso de penetração de água, a vedação da junta deve ser refeita até que apresente estanqueidade satisfatória.

3.3.4 Dispositivos metálicos

O edifício EFI se encontra em um local considerado classe III de agressividade ambiental, classificação considerada como forte, na qual o risco de deterioração da estrutura é grande (NBR 6118, 2014). De acordo com o projeto estrutural, a estrutura do edifício foi projetada para uma vida útil de 50 anos. Entretanto, após apenas 4 anos da conclusão do edifício, alguns dispositivos metálicos responsáveis pela fixação das placas pré-moldadas nos pilares, lajes e vigas já estão corroídos. Os dispositivos encontram-se na parte externa do edifício e na área de estacionamento, onde não há fechamento completo da estrutura, como mostrado, respectivamente, na Figura 58 e Figura 59.

Figura 58 - Dispositivo metálico corroído - fixação das placas pré-moldadas



Fonte: O autor (2016)

Figura 59 - Dispositivo metálico corroído - fixação das placas de canto



Fonte: O autor (2016)

De acordo com o PCI (2007, tradução nossa) a taxa de corrosão de peças metálicas não protegidas varia de 0,025 mm a 0,125 mm por ano, quando expostas ao ar e à umidade por uma parte considerável de sua vida. Por isso, dispositivos metálicos precisam de proteção quando não estão completamente recobertos por concreto com o cobrimento adequado. A proteção ao metal pode ser realizada por: pintura com shop primer, revestimento com pintura enriquecida com zinco (95% de zinco puro no filme seco), metalização cromada, metalização com zinco, galvanização por imersão a quente, revestimento epóxi, ou utilização de aço inoxidável. O custo da proteção aumenta do primeiro ao último item da lista.

Para que a proteção ao metal seja efetiva, o dispositivo deve estar adequadamente limpo antes do tratamento. Nos locais onde as conexões não são acessíveis após a montagem das peças, o tratamento com pintura enriquecida com zinco deve ser realizado antes da montagem e aparafusamento das peças. Se for necessária soldagem durante a montagem em campo, deve-se remover as escórias provenientes da soldagem e a solda também deve passar pelo tratamento de proteção para coincidir com o material do dispositivo (PCI, 2007, tradução nossa)

A utilização de uma técnica de proteção adequada aos dispositivos metálicos aumentará a durabilidade da peça, fazendo com que sua vida útil seja compatível ao restante da estrutura sem que haja a necessidade de manutenção precoce.

Outro problema com dispositivo metálico está relacionado com as alças de içamento das peças pré-moldadas. Algumas alças foram totalmente cortadas, como mostrado na Figura 60, e outras foram cortadas parcialmente, sendo que parte da alça ficou exposta, com pode ser visto

na Figura 61. Além de ser esteticamente desagradável, e no caso das armaduras salientes, perigoso, a exposição de armaduras pode levar a sua corrosão, manchando as peças pré-moldadas. Ademais, como o produto da corrosão é expansivo, pode haver também degradação do concreto.

Figura 60 - Alça de içamento cortada



Fonte: O autor (2016)

Figura 61 - alça de içamento exposta

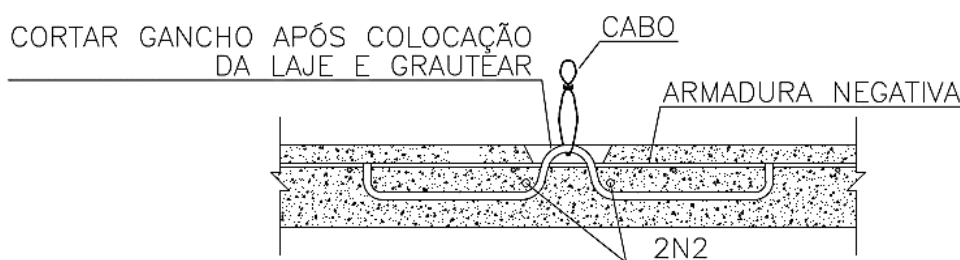


Fonte: O autor (2016)

Para evitar que esses problemas aconteçam, há duas soluções diferentes. A primeira maneira de se resolver é cortar as alças rente ao concreto, sem degradá-lo, e aplicar uma

proteção contra corrosão nas pontas que ficarem aparentes, como revestimento com tinta à base de epóxi. A segunda solução é projetar a alça de içamento em uma cavidade na peça de concreto pré-moldado. Após a montagem da estrutura, a alça deve ser cortada e a cavidade preenchida com graute, como mostrado na Figura 62.

Figura 62 - Detalhe de projeto das alças de içamento



Fonte: Projeto da empresa RKS Engenharia de Estruturas (2016)

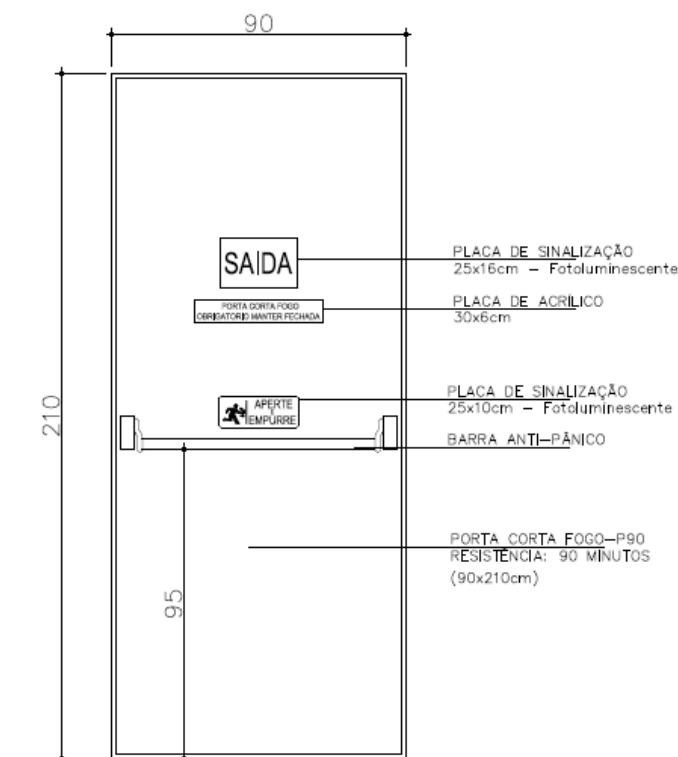
3.3.5 Projeto preventivo contra incêndio

O ETUSC foi responsável pelo projeto preventivo contra incêndio do EFI e a empresa CADRECON ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA foi contratada para a sua realização. Além dos dois elevadores, o prédio EFI possui três escadas, todas protegidas por portas corta-fogo em todos os andares. A escada principal tem 192 cm de largura e as secundárias 175 cm de largura.

De acordo com a NBR 11742 - Porta Corta-Fogo para Saída de Emergência (2003), as portas corta-fogo devem ter vão-luz com no mínimo 80 cm de largura e 200 cm de altura e no máximo 220 cm de largura e 230 cm de altura, sendo que portas com largura igual ou superior 120 cm devem ter duas folhas com largura igual. A NBR 11742 (2003, p.2) considera vão-luz a “abertura limitada pelas faces internas do batente (maior medida entre ombreiras) e pela soleira e travessa”, ou seja, o vão livre para passagem com a porta finalizada.

O projeto preventivo contra incêndio foi realizado de acordo com a Norma, sendo que as portas corta-fogo foram dimensionadas com 90 cm de largura e 210 cm de altura, como pode ser visto na Figura 63.

Figura 63 - Detalhe da porta corta fogo do projeto preventivo contra incêndio



DETALHE DA PORTA CORTA FOGO
ACESSO - ESCADA

Fonte: Adaptado do Projeto Preventivo Contra Incêndio do EFI (2010)

Entretanto, as portas corta-fogo que dão acesso às antecâmaras² no térreo (Figura 64) foram executadas com 80 cm de largura e 188 cm de altura, em desacordo com o projeto preventivo contra incêndio e com a NBR 11742 (2003). Para o dia-a-dia, a altura da porta pode não parecer um problema tão grave. Entretanto, no caso de um incêndio, quando a saída do prédio deve ocorrer o mais rápido possível, uma pessoa com mais de 1,88 m de altura pode acabar batendo a cabeça na parte superior da porta, causando tumulto.

² De acordo com a NBR 9077 - Saídas de emergência em edifícios (2001, p.2) antecâmara é o “recinto que antecede a caixa da escada, com ventilação natural garantida por janela para o exterior, por dutos de entrada e saída de ar ou por ventilação forçada (pressurização)”.

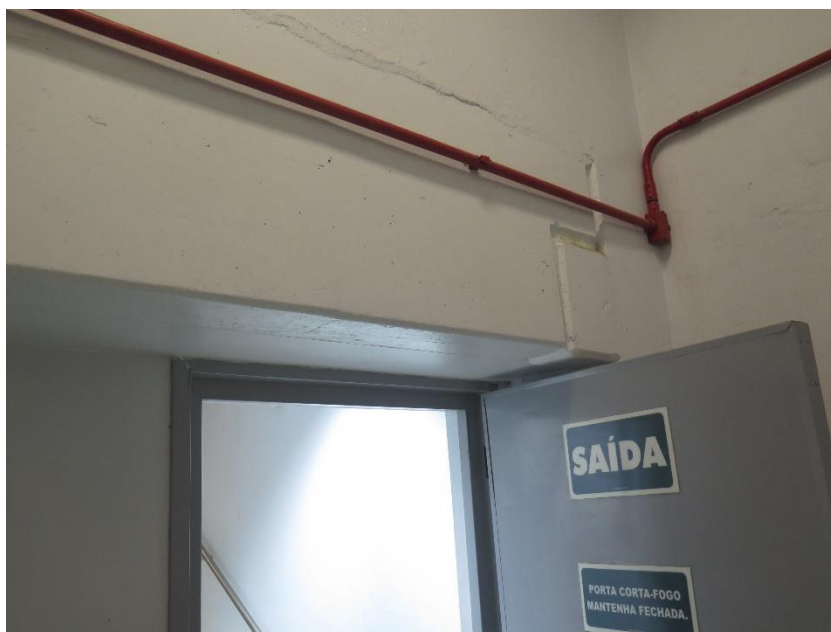
Figura 64 - Porta corta-fogo com dimensões 80 cm x 188 cm



Fonte: O autor (2016)

A redução na altura da porta aconteceu devido a colocação de uma viga de escada logo acima da esquadria, como mostrado na Figura 65. Como o pavimento térreo possui pé-direito duplo, 5,60 metros de altura, houve a necessidade de se projetar uma viga intermediária que servisse de apoio para um dos patamares da escada. A viga em questão tem seção de 15 cm x 60 cm. Em fabricas de pré-moldados, os elementos são padronizados para que haja um melhor aproveitamento das formas. Então, é provável que a empresa tenha decidido utilizar uma viga com 60 cm de altura por esse motivo. O pavimento térreo está no nível 0 e a viga se localiza no nível 280 e está rebaixada 18 cm, logo, restam 202 cm de altura livre. Descontando a camada de regularização da laje, o piso e a altura da travessa da porta, não há espaço suficiente para que a porta tenha altura final de 210 cm, como indicado em projeto, ou, ao menos, 200 cm, como exigido por Norma. Nesse caso, então, há um problema de compatibilização entre o projeto estrutural e de prevenção contra incêndio.

Figura 65 - Viga de escada acima da porta corta-fogo



Fonte: O autor (2016)

A UFSC vem executando uma quantidade significativa de obras nos últimos tempos, principalmente após a instituição do REUNI, em 2008. Em consequência desse fato, a contratação de empresas externas para elaboração dos projetos complementares, arquitetônico e de memoriais de especificações tornou-se uma prática frequente. Diante disso, é essencial a designação de um profissional que coordene e acompanhe o desenvolvimento dos projetos e que fique responsável pela compatibilização final, para que não ocorram interferências como no caso citado acima. Dessa forma, evita-se que decisões sejam tomadas durante a execução da obra, ou, como nesse caso, que o empreendimento seja realizado em desacordo com as Normas Brasileiras da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Na época, o ETUSC era o departamento responsável pelo recebimento e conferência dos projetos de empreendimentos licitados na UFSC. Hoje, após a divisão do ETUSC, o DPAE exerce essa função.

A NBR 11742 (2003) também afirma que as portas corta-fogo devem ser mantidas sempre fechadas, com dispositivos de fechamento automático e nunca trancadas à chave. Desse modo, existirá no prédio um compartimento isolado do fogo e da fumaça por onde as pessoas poderão sair seguramente no caso de um incêndio. Além disso, deve ser colocado um letreiro na porta, no sentido da fuga, com os dizeres “PORTA CORTA-FOGO, É OBRIGATÓRIO MANTER FECHADA”, ou como mostrado na Figura 66.

Figura 66 - Letreiro da porta corta-fogo



Fonte: O autor (2016)

Entretanto, apesar das saídas de emergência do prédio em estudo apresentarem o letreiro exigido por Norma, todas as portas corta-fogo são mantidas abertas. De acordo com a secretaria do EFI isso acontece devido ao alto fluxo de pessoas que passam pelas portas e acabam as deixando abertas. A solução para essa desconformidade é a fixação de dispositivos de fechamento automático, exigidos por Norma, nas portas, de modo que todas as portas de saídas de emergência mantenham-se fechadas, sendo abertas apenas quando há efetivamente a passagem de pessoas.

De acordo com o catálogo de Soluções em Portas Corta-Fogo da empresa ASSA ABLOY (2016), molas aéreas são os dispositivos mais confiáveis e seguros para executar o autofechamento da porta no momento de emergência. A escolha do modelo da mola pode ser realizada conforme a norma europeia EN 1154 - *Best Practice Guide - Controlled Door Closing Devices* (Guia de Boas Práticas - Dispositivos de Controle de Fechamento de Porta) e molas com força de fechamento inferior ao nível 3 não são recomendadas para portas corta-fogo.

3.3.6 Qualidade dos materiais e manutenção predial

As licitações de obras públicas podem ser de três diferentes tipos: menor preço, melhor técnica ou técnica e preço. No caso de atividades não complexas, como execução de edificações e compra de materiais e equipamentos, o vencedor da licitação será, usualmente, o participante habilitado que apresentar a proposta com menor preço. Esse critério é utilizado de forma a não haver prevailecimento de empresas por simples predileção, além de reduzir os gastos do erário. Em vista disso, os materiais utilizados em obras públicas não costumam ter alto nível de

qualidade. Como consequência, é comum acontecerem problemas, mesmo apenas alguns anos após a inauguração dos prédios.

O EFI, com apenas 4 anos desde sua inauguração, já apresenta diversos problemas com relação aos materiais e equipamentos utilizados no prédio. Em alguns lugares, a tinta utilizada no revestimento interno está descascada, como mostrado na Figura 67. Em um dos banheiros femininos, a porta está quebrada (Figura 68), bem como parte do azulejo e do reboco próximo a descarga (Figura 69) e em outro banheiro há falta da torneira do registro de água, como pode ser visto na Figura 70. Nas salas de aula, algumas tomadas presentes no chão ficam expostas devido sua tampa estar quebrada (Figura 71). Em vários locais o piso tátil para deficientes visuais está parcialmente ou totalmente descolado, como mostrado na Figura 72, não cumprindo o objetivo de auxiliar pessoas com falta de visão.

Figura 67 - Parede com tinta descascada



Fonte: O autor (2016)

Figura 68 - Porta do banheiro quebrada



Fonte: O autor (2016)

Figura 69 - Azulejo e reboco quebrados



Fonte: O autor (2016)

Figura 70 - Falta da torneira em banheiro



Fonte: O autor (2016)

Figura 71 - Tomada sem tampa de proteção



Fonte: O autor (2016)

Figura 72 - Falta do piso para deficientes visuais



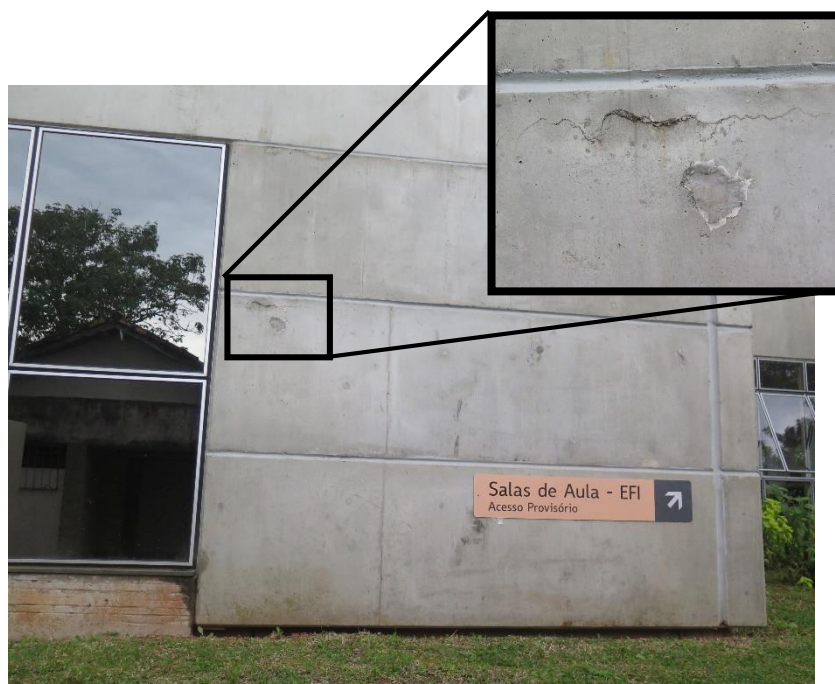
Fonte: O autor (2016)

Para evitar que a falta de qualidade dos materiais aconteça, o órgão público deve descrever detalhadamente o objeto a ser comprado, especificando dimensões, material, cor, tipo de revestimento, entre outros e exigindo que o material esteja de acordo com as Normas Brasileiras em quesitos como a resistência, por exemplo.

Ademais, a secretaria do EFI é responsável pela verificação das condições do prédio e, quando há um problema, deve informar ao DMPI (Departamento de Manutenção Predial e de Infraestrutura) para que as ações corretivas sejam realizadas. Os problemas citados, além de serem esteticamente desagradáveis aos usuários do EFI, muitas vezes, tornam os materiais inutilizáveis, reduzindo o aproveitamento do edifício. Por isso, a manutenção periódica e a comunicação entre a secretaria do prédio em questão e o DMPI são essenciais para manter o desempenho da edificação e de seus sistemas.

Um outro problema existente no EFI está relacionado à qualidade do acabamento dos elementos estruturais do edifício. As placas pré-moldadas apresentam falhas, que apesar de não aparentarem problema estrutural, não deveriam ser aceitas para um sistema onde utiliza-se concreto aparente. A Figura 73 mostra um exemplo dos defeitos existentes nas placas.

Figura 73 - Falhas existentes nas placas pré-moldadas



Fonte: O autor (2016)

De acordo com o memorial de especificações para execução de fundações e estrutura em concreto pré-fabricado - Etapa 1 do EFI, elaborado pelo ETUSC:

Todas as peças devem ser executadas com formas metálicas que garanta as tolerâncias indicadas na norma acima [NBR 9062]. As imperfeições (bolhas) devem ser preenchidas com estuque e as rebarbas de cantos retirados com lixamento resultando em acabamento perfeito sem manchas e irregularidades.

Além disso, o memorial também especifica que: “O material a empregar, assim como a mão-de-obra, serão de primeira qualidade objetivando a obtenção de um acabamento esmerado nos serviços que só serão aceitos nessas condições”.

Nesse caso, a fiscalização durante o recebimento das peças é extremamente importante. As peças que não apresentarem o padrão definido no memorial de especificações ou apresentarem desvios dimensionais maiores do que os especificados na NBR 9062 (2006), apresentados no Quadro 1 - Tolerâncias de fabricação para elementos pré-moldados, do subcapítulo 2.3 Elementos pré-moldados, não deverão ser aceitas, e a empresa que as produziu deve substituí-las sem custos adicionais para a Universidade.

3.4 CONSIDERAÇÕES

Apesar dos Departamentos da UFSC almejarem a excelência do nível de qualidade na execução dos serviços, o prédio EFI, objeto desse estudo, apresenta um número significativo de problemas. Algumas falhas ocorreram devido à técnica utilizada no projeto e execução do edifício, como é o caso da vedação das janelas e das ligações entre as placas pré-moldadas e da corrosão dos dispositivos metálicos. Outros problemas, contudo, não estão diretamente ligados ao sistema construtivo, e sim, à forma como os procedimentos para construção de edifícios são executados na UFSC, como no caso da falta de brises e marquises e da incompatibilidade entre projetos. Portanto, para que se aumente o nível de qualidade das próximas edificações construídas na referida Instituição, esses dois aspectos devem ser analisados. Há, ainda, problemas que ocorrem em consequência da forma como é realizado o processo licitatório, que por tratar-se de um procedimento exigido por lei, oferece pouca possibilidade de modificação.

Em virtude dos problemas existentes, o edifício não desempenha suas funções adequadamente, o que, por consequência, afeta suas condições de uso e sua durabilidade. Ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa, pode-se perceber que o EFI não é, de certo modo, visualmente agradável sob o ponto de vista de seus usuários, não atendendo completamente, portanto, às necessidades da comunidade estabelecidas na fase preliminar à licitação.

Através do estudo de caso, encontrou-se, também, problemas que não aparecem citados na literatura consultada no decorrer desse estudo sobre o tema. Na visão da pesquisadora, isso pode estar atrelado ao fato de que muitos dos livros relacionados ao assunto foram escritos por empresas da área de concreto pré-moldado e instituições que incentivam a utilização desse sistema construtivo, as quais ressaltam os pontos positivos do sistema. Por exemplo, na revisão bibliográfica, consta que o sistema possui grande flexibilidade arquitetônica e que aberturas para janelas podem ser realizadas com facilidade, em qualquer forma ou tamanho desejado. Entretanto, na prática, considerando a bibliografia consultada, ainda não há soluções compatíveis com fachadas com grandes áreas de janelas.

Finalmente, avalia-se que o estudo de caso em questão tornou-se importante para se compreender de forma mais aprofundada o tema abordado. Nesse caso, acredita-se que as considerações e sugestões realizadas nesse estudo poderão ser aplicadas de forma a contribuir para a melhoria do nível de qualidade das edificações construídas na UFSC.

4 CONCLUSÕES

O sistema pré-moldado de concreto apresenta grande potencial de otimização dos processos e materiais utilizados na construção civil. A mudança do processo artesanal para uma produção industrial racionalizada pode trazer benefícios principalmente relacionados à agilidade na construção do empreendimento, obras mais organizadas, com menos desperdício e com maior nível de qualidade.

Entretanto, quando se trata da construção de obras públicas, aspectos específicos devem ser considerados durante a escolha do processo construtivo a ser utilizado no empreendimento. No caso do EFI, o fato da obra ser dividida em duas licitações, a modificação na administração da UFSC e a grande distância entre a empresa que fabricou as peças e a obra (aproximadamente 170 km) fizeram com que se perdesse a vantagem da rapidez na execução do empreendimento. Além disso, a estrutura e o fechamento do EFI foram realizados em concreto aparente com acabamento em verniz incolor, devido ao uso de peças pré-fabricadas, que, teoricamente, não necessitam de acabamento. Contudo, o nível de qualidade das peças e da execução não condiz com o método utilizado, tornando o edifício esteticamente desagradável em muitos locais.

Outro problema com relação ao uso do sistema pré-moldado de concreto está relacionado ao fato do tema ser pouco difundido academicamente, se comparado ao concreto moldado *in loco*. O aprendizado sobre esse tema ainda não é oportunizado, de forma geral, nos cursos de graduação em Engenharia Civil, sendo que os engenheiros que têm interesse no sistema devem aprendê-lo posteriormente em cursos e pós-graduações. Além disso, ainda é muito difícil encontrar na bibliografia, mesmo internacional, soluções para problemas muito específicos.

Com relação à fixação e vedação das janelas do EFI, por exemplo, a pesquisadora apresentou orientações de execução, entretanto não há estudos que comprovem que essa seja a maneira mais eficaz de solucionar o problema. Por conseguinte, o DPAE, responsável pela elaboração do projeto básico, deve analisar se o sistema construtivo em concreto pré-moldado é compatível com fachadas com grandes áreas de janelas, como foi feito no EFI. Ou ainda, definindo o uso do sistema pré-moldado, deve-se considerar outras soluções arquitetônicas, como a execução de janelas totalmente contidas em um mesmo painel, reduzindo, assim, problemas de variações dimensionais nas aberturas devido a montagem das peças.

Os problemas de infiltração não se restringem apenas ao contorno das janelas. Ocorreram também falhas na vedação entre as placas pré-fabricadas, em virtude do método não ser adequado para junta entre painéis e devido a largura das juntas não ser compatível com os selantes utilizados. Além de uma fiscalização mais rigorosa durante a execução, que evite esse

tipo de problema, recomenda-se pensar, durante a elaboração do projeto básico, em soluções mais simples e menos suscetíveis a falhas. No caso do EFI, poderia ter sido utilizado placas com encaixe macho/fêmea, que, por si só, já formam uma barreira contra a passagem de água no local da ligação. Ademais, todo o projeto deve ser minuciosamente especificado e detalhado, de forma a não surgirem dúvidas que precisem ser resolvidas, apressadamente, durante a execução da obra.

Outro ponto a ser discutido é a necessidade de uma verificação meticulosa e compatibilização dos diferentes projetos elaborados para a execução do empreendimento. Principalmente após a instituição do REUNI, em 2008, a grande maioria dos projetos vem sendo realizada por empresas externas. Em vista disso, torna-se necessário refletir se os projetos atendem as necessidades da Universidade e verificar se não há interferências entre projetos, como ocorreu no prédio EFI entre o projeto estrutural e projeto preventivo contra incêndio. Sugere-se, então, que o DPAE realize essa conferência, de forma a enviar ao DFO projetos pertinentes e com maior nível de qualidade.

O uso do sistema pré-moldado de concreto pode ser, certamente, uma forma de se otimizar os processos da construção civil e aumentar o nível de qualidade das obras. No entanto, antes de outras obras serem licitadas e executadas na UFSC com esse sistema construtivo, sugere-se que os pontos técnicos e administrativos citados como problemas nessa pesquisa sejam revisados e resolvidos. Dessa forma, a Universidade conseguirá apresentar à comunidade acadêmica edifícios esteticamente mais agradáveis e com maior durabilidade, reduzindo, assim, a necessidade de manutenção, principalmente nos primeiros anos após a conclusão da construção do edifício.

5 REFERÊNCIAS

- ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. Institucional. **Histórico**. 2016. Disponível em: <<http://site.abcic.org.br/index.php/historico>>. Acesso em: 09 jun. 2016.
- ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. **Pré-fabricado de concreto - Curso básico ABCIC**. 2015. Disponível em: <http://www.abcic.org.br/pdfs_curso_basico/CursoPrefabricados_12_06.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2016.
- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Manual da construção industrializada - Conceitos e etapas - Vol 1: Estrutura e vedação**. Brasília: ABDI, 2015.
- ACKER, Arnold Van. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. Tradução por: Marcelo de Araújo Ferreira. FIP: Cambridge, 2002.
- ALBUQUERQUE, Augusto T. de; EL DEBS, Mounir K. Levantamento dos sistemas estruturais em concreto pré-moldado para edifícios no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1., 2005, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2005. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/108.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2016.
- ASSA ABLOY. Soluções em Portas Corta-Fogo. 2016. Disponível em: <<http://www.assaabloy.com.br/Local/assaabloyCOMBR/Downloads/Cat%C3%A1logo%20-%20Solu%C3%A7%C3%B5es%20em%20Portas%20Corta-Fogo.pdf>>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Porta corta-fogo para saída de emergência**: NBR 11742. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**: NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**: NBR 9062. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Saídas de emergência em Edifícios**: NBR 9077. Rio de Janeiro, 2001.
- AUSTRALIAN SAFETY AND COMPENSATION COUNCIL – AUSTRALIAN GOVERNMENT. **National code of practice for precast, tilt-up and concrete elements in building construction**. Canberra, 2008.
- BIZERRIS, Rosymeri. Tipos de fundação: estacas pré-moldadas de concreto. 2013. Disponível em: <<http://blog.construir.arq.br/estacas-pre-moldadas-concreto/>>. Acesso em: 15 set. 2016.

BOIÇA, Stella Marys Rossi. **Desempenho de estruturas em concreto**: proposta de modelo de análise comparativa entre sistemas construtivos: estudo de caso. 2006. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BRASIL. Lei n. 8666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o Art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 jun 1993.

BRUNA, Paulo Julio Valentino. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP/Perspectiva, 1976. Coleção Debates, número 135.

BUILDING DEPARTMENT - THE GOVERNMENT OF THE HONG KONG SPECIAL ADMINISTRATIVE REGION. **Code of practice for precast concrete construction**. Hong Kong, 2003.

CANHA, Rejane Martins Fernandes. **Estudo teórico-experimental da ligação pilar-fundação por meio de cálice em estruturas de concreto pré-moldado**. 2004. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

CARNEIRO, Laísa do Rosário Souza. **Estudo geral dos principais sistemas estruturais em concreto pré-moldado no Brasil**: análise dos principais aspectos normativos, de custo e tempo de execução em duas obras na cidade de Belém-PA. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade da Amazônia, Belém, 2013.

CASTILHO, Vanessa Cristina de. **Análise estrutural de painéis de concreto pré-moldado considerando a interação com a estrutura principal**. 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

CASSOL PRÉ-FABRICADOS. Soluções. Produtos. Cobertura. **Sistemas de condutores pluviais**. 2016a. <<http://www2.cassol.ind.br/produtos-2/sistema-de-condutores-pluviais/>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

CASSOL PRÉ-FABRICADOS. Soluções. Produtos. Superestrutura. **Escadas**. 2016b. <<http://www2.cassol.ind.br/produtos-2/escadas/>>. Acesso em: 15 set. 2016.

CASSOL PRÉ-FABRICADOS. Soluções. Produtos. Superestrutura. **Vigas I**. 2016c. <<http://www2.cassol.ind.br/produtos-2/vigas-i-2/>>. Acesso em: 11 set. 2016.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado**: fundamentos e aplicações. São Carlos: Escola da Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP), 2000.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Laércio. Pré-fabricados de concreto dão mais velocidade e qualidade e rapidez a construção civil. 2000. Disponível em: <<http://www.siaobahia.com.br/noticias01.htm>> Acesso em: 02 jul. 2016.

JAGUARIBE JR, Kenneth de Borja. **Ligação pilar-fundação por meio de cálice em estruturas de concreto pré-moldado com profundidade de embutimento reduzida**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

JOPPERT JR, Ivan de Oliveira. Estacas pré-moldadas de concreto. 2013. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/pbastos/pre-moldados/ABCIC_IVAN_JOPPERT-%20Estacas.pdf>. Acesso em: 15 set. 2016.

LUPION, Bruno. Licitações de obras públicas: Problema complexo, duas soluções opostas. 2016. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2016/02/29/Licita%C3%A7%C3%B5es-de-obras-p%C3%BAblicas.-Problema-complexo-duas-solu%C3%A7%C3%B5es-opostas>> Acesso em: 4 out. 2016.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. Controle do Desperdício na Construção Civil: Planejamento e Layout do Canteiro de Obras. Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Notas de Aula.

MILLEN, Eduardo Barros. **Galpão 5 do Estaleiro Atlântico Sul**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 2., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2009. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/2enpppcpm/apresentacoes_pdf/Painel%20dos%20Projetistas.pdf/1-Eduardo%20B%20Millen.pdf> Acesso em: 31 ago. 2016.

MOREIRA FILHO, Milton. Pré-fabricados de concreto dão mais velocidade e qualidade e rapidez a construção civil. 2000. Disponível em: <<http://www.siaobahia.com.br/noticias01.htm>> Acesso em: 02 jul. 2016.

MUNKELT, Gary. K. Durable precast concrete: the long-term solution for above-ground and below-ground application. 2010. Disponível em: <<http://precast.org/2010/05/durability-in-the-precast-product/>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

MUNTE. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. São Paulo: Pini, 2004.

NASCIMENTO NETO, S. R.; SERRA, Sheyla Mara Baptista; FERREIRA, Marcelo de Araujo. Logística no transporte e montagem de estruturas pré-moldadas de concreto. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL, 4., 2010, Faro (Portugal). **Anais...** Faro: Universidade do Algarve, 2010. Disponível em: <<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper262.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

OLIVEIRA, Luciana Alves de. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PCI - PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE. About PCI. **History**. 2016. Disponível em: <https://www.pci.org/About_PCI/History/>. Acesso em: 02 jun. 2016.

PCI - PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE. **Architectural precast concrete**. 3.ed. Chicago: PCI, 2007.

PCI - PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE. **Design handbook**. 7.ed. Chicago: PCI, 2010.

PCI - PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE. **Window panels**. Chicago: PCI, 1999.

RIBEIRO, Romiro. **A lenta evolução da gestão de obras públicas no Brasil**. 2012. E-Legis Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação, Centro de Formação, Treinamento e Aperfeiçoamento da Câmara do Deputados. Disponível em: <<http://e-legis.camara.leg.br/cefor/index.php/e-legis/article/view/97/93>> Acesso em: 04 out. 2016.

RODRIGUES, Públio Penna Firme; AGOPYAN, Vahan. **Controle de qualidade na indústria de pré-fabricados**. 1991. Boletim Técnico - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para pesquisas, projetos, estágios e trabalho de conclusão de curso**. São Paulo: Atlas, 2009.

SALAS, S. J. **Construção Industrializada: Pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas, 1988.

SENDEN, Henry Osório Teixeira. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

SERRA, Sheyla Mara Baptista; FERREIRA, Marcelo de Araujo; PIGOZZO, Bruno Nogueira. Evolução dos Pré-fabricados de Concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1., 2005, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2005. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2016.

SIKA BRASIL. Sikaflex-Construction. 2011. Disponível em: <[www.sika.com.br/dms/getdocument.get/c53f20d5-4427-3bff-80bb-d3ef2adec97d/Sikaflex_Construction_\(08_2011\).pdf](http://www.sika.com.br/dms/getdocument.get/c53f20d5-4427-3bff-80bb-d3ef2adec97d/Sikaflex_Construction_(08_2011).pdf)>

SIKA PORTUGAL. Sikaflex-HP1. 2016. Disponível em: <<http://prt.sika.com/pt/system/search.html?q=hp1>>

SILVA, Adcleides Araújo. **Módulos celulares pré-fabricados de concreto protendido para construção de lajes nervuradas**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4.ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2005.

STUCCHI, Fernando Rebouças. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. São Paulo: Pini, 2004.

TCU - TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Obras Públicas: Recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras de edificações públicas**. 3.ed. Brasília: TCU, 2013.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. **ESTRUTURA. A UFSC**. 2015. Disponível em: <<http://estrutura.ufsc.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. PROPLAN - Pró-Reitora de Planejamento. **UFSC em números**. 2014. Disponível em: <<http://dpgi.proplan.ufsc.br/files/2013/12/UFSC-EM-NUMEROS-2005-A-20142.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. DFO – Departamento de Fiscalização de Obras. **Contratos Concluídos**. 2016a. Disponível em: <<http://dfo.proplan.ufsc.br/obras/concluidas/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. DFO – Departamento de Fiscalização de Obras. **Contratos Concluídos**. Contratos Concluídos em 2010. Bloco Universitário I de Salas de Aula (Etapa I). **Imagens**. 2010a. Disponível em: <http://galeria.ufsc.br/DFO/unisalasetapa1/?g2_page=2>. Acesso em: 10 out. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. DFO – Departamento de Fiscalização de Obras. **Contratos Concluídos**. Contratos Concluídos em 2012. Bloco Universitário I de Salas de Aula (Etapa II). **Imagens**. 2010b. Disponível em: <http://galeria.ufsc.br/main.php?g2_itemId=695>. Acesso em: 10 out. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. DFO – Departamento de Fiscalização de Obras. **Histórico**. 2016b. Disponível em: <<http://dfo.proplan.ufsc.br/historico/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. DFO – Departamento de Fiscalização de Obras. **Coordenadoria de Fiscalização de Obras (CFO)**. 2016c. Disponível em: <<http://dfo.proplan.ufsc.br/estrutura/cfo/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. DFO – Departamento de Fiscalização de Obras. **Coordenadoria de Apoio Administrativo (CAAd)**. 2016d. Disponível em: <<http://dfo.proplan.ufsc.br/estrutura/caad/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. DFO – Departamento de Fiscalização de Obras. **Direção**. 2016e. Disponível em: <<http://dfo.proplan.ufsc.br/estrutura/direcao/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. PROGRAD - Pró-Reitoria de Graduação. EFI 1 - Espaço Físico Integrado 1. **Localização**. 2016f. Disponível em: <<http://efi.prograd.ufsc.br/localizacao/>>. Acesso em: 05 out 2016.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARIANA. Notícias. **Reitoras acompanham início das aulas de sete centros de ensino no Bloco I**. 2012. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/2012/09/reitoras-acompanham-inicio-das-aulas-no-bloco-i-que-recebe-alunos-de-sete-centros-de-ensino/>>. Acesso em: 08 out 2016.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. SAS - Superintendência de Assistência Social. **Bolsas e Apoio**. 2010. Disponível em: <http://www.usp.br/coseas/COSEASHP/COSEAS2010_moradia.html>. Acesso em: 06 jun. 2016.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **O concreto no brasil**: pré-fabricação, monumentos, fundações. Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.

VIEGAS, Felipe Brasil; GIUGLIANI, Eduardo. Atualização em Sistemas Estruturais: Elementos Estruturais Especiais. Pós-Graduação em Engenharia de Produção Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Notas de Aula.