CARLA ANDRADE DA SILVA

**DIRETRIZES PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS
EXTERNAS DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA**

São Paulo
2016

CARLA ANDRADE DA SILVA

**DIRETRIZES PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS
EXTERNAS DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências no Programa: Mestrado
Profissional em Inovação na Construção
Civil.

São Paulo
2016

CARLA ANDRADE DA SILVA

**DIRETRIZES PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS
EXTERNAS DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências no Programa: Mestrado
Profissional em Inovação na Construção
Civil.

Área de Concentração:
Inovação na Construção Civil

Orientadora: Professora Doutora Mercia
Maria Semensato Bottura de Barros

São Paulo
2016

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Silva, Carla Andrade da

Diretrizes para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica / C. A. Silva -- versão corr. -- São Paulo, 2016. 164 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Tecnologia (seleção) 2.Projeto de arquitetura 3.Vedações verticais 4.Fachadas 5.Estruturas metálicas I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

*Dedico este trabalho aos meus pais, Ely e Silvia,
e ao meu noivo, Henrique.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu maior auxílio para realização deste trabalho!

À Professora Mercia, a quem admiro desde o Programa de Dupla Formação FAU-POLI, pela orientação ao longo da elaboração da dissertação. Obrigada pela dedicação, paciência e atenção às minhas opiniões e por toda contribuição a este trabalho.

Aos professores e colegas do Programa de Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil - ConstruíNOVA, por contribuírem em minha formação profissional.

Aos professores Claudia Terezinha de Andrade Oliveira e Professor Silvio Burrattino Melhado, pelos apontamentos durante a Banca de Qualificação, que foram importantes para o direcionamento deste trabalho.

Ao Professor Antonio Carlos Sant'Anna Junior, pela disponibilidade para nossas conversas sobre industrialização da construção e pela generosidade em compartilhar seu conhecimento.

Aos arquitetos Marcio Orsi, Takuji Nakashima, Marcos Aldrighi, Bruno Rossi e Paul Bringold e ao Engenheiro Luiz Henrique Ceotto, pelas entrevistas concedidas, que foram fundamentais para realização desta dissertação.

Ao arquiteto Siegbert Zanettini, também pela entrevista concedida, mas principalmente, pelas oportunidades de amadurecimento profissional proporcionadas em nosso convívio diário.

Aos profissionais da Zanettini Arquitetura, pela convivência e trocas de conhecimento.

À arquiteta Camila Conti, um agradecimento especial pela amizade e pela generosidade no modo de ser! Obrigada também pela entrevista concedida e ajuda nos momentos finais do trabalho.

À minha família tão amada! Aos meu pais Ely e Silvia, por todo amor, apoio e incentivo (difícil traduzir em palavras minha gratidão...). Aos meus irmãos, Marcello e Patrícia, pelo carinho de sempre. Aos meus cunhados, Carol e Chico, e aos "presentinhos": Henrique, Stella, Maria Clara e Marina, por compreenderem minha ausência para realização desse trabalho.

À minha família "estendida", D. Heloiza, Sr. Israel, Lucas, Luis Antonio, Miriam, Toninha, Lídia, Mateus, Otávio, as pequenas Maria Clara, Maísa e Mariana, pela alegria dos nossos momentos reunidos, sejam em Piumhi-MG ou em São Paulo.

À Tathiany Nogueira e às missionárias da Fraternidade Belém, pela amizade, e às crianças do Moinho, pela alegria, carinho e ensinamentos.

Ao meu querido noivo, Henrique, pelo amor. Obrigada pelas atitudes de compreensão e companheirismo e por me mostrar a importância de ser paciente e confiar!

*A utopia, não a penso como um ideal
improvável. É condição absoluta do realismo.*

(Joaquim Guedes)

RESUMO

A publicação da Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575:2013) e a intensificação das discussões sobre o meio ambiente têm trazido ainda mais destaque para as demandas de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade nos projetos de edifícios. Se a inserção dessas demandas em projeto é um desafio, sua obtenção durante a execução do edifício é ainda mais difícil, sobretudo ao se considerar o processo tradicional que ainda domina a produção. Por outro lado, a industrialização do processo construtivo, facilitada pela utilização de tecnologias pré-fabricadas, tem potencial de atender às exigências de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade. O arquiteto, enquanto profissional atuante desde o início do processo de projeto, é protagonista da seleção tecnológica, com capacidade de influenciar na adoção de um processo produtivo mais industrializado. Para discutir como o arquiteto pode melhorar sua postura frente às demandas de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade, ocupando seu papel de agente integrador no processo de projeto, este trabalho aborda as tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedações verticais externas (VVE) de edifícios em estrutura metálica. O objetivo principal deste trabalho é propor diretrizes para seleção tecnológica de VVE de edifícios em estrutura metálica, para o desenvolvimento do projeto de arquitetura, considerando os objetivos do empreendimento e as exigências relacionadas a desempenho, sustentabilidade e construtibilidade. A realização deste trabalho adota duas estratégias de pesquisa: revisão bibliográfica e entrevistas com projetistas de arquitetura e incorporador, com experiência na adoção de estrutura metálica e tecnologias pré-fabricadas de VVE em seus projetos. Como resultado, são propostas: diretrizes voltadas para o processo de projeto de arquitetura, incluindo recomendações para a organização da empresa de projeto que busca tomar decisões sobre tecnologias de VVE pautada em requisitos técnicos; diretrizes para identificar se o empreendimento está inserido em "nichos estratégicos" e se o "ambiente" para sua realização é favorável à adoção de tecnologias construtivas pré-fabricadas; e diretrizes para atendimento às exigências de desempenho, sustentabilidade, construtibilidade e legislação e normas técnicas a serem seguidas pelos projetistas de arquitetura. Conclui-se que, para responder às demandas de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade, buscando adotar tecnologias construtivas pré-fabricadas de VVE, são necessários ao projetista de arquitetura:

participação, de fato, na etapa de execução do edifício; estabelecimento de parcerias com agentes envolvidos no processo do empreendimento; manter-se atualizado quanto à legislação e normas técnicas (que têm revelado a tendência de não restringir ao uso de tecnologias construtivas tradicionais); especificar por desempenho as tecnologias de VVE adotadas em projeto; acompanhar a evolução das informações sobre o impacto ambiental gerado pelas tecnologias de VVE; e adotar os princípios de Coordenação Modular nos projetos.

Palavras-chave: Seleção tecnológica. Projeto de Arquitetura. Vedações verticais externas (Tecnologia). Estruturas metálicas.

ABSTRACT

The publication of NBR 15575: 2013 and the growing discussion about environment have brought even more emphasis on some specific demands, such as performance, sustainability and constructability in building projects. Considering that including these demands on design is a challenge, during the building construction is even more difficult, especially regarding the traditional process, which still dominates the production. On the other hand, the industrialization of construction, facilitated by usage of prefabricated technology, has potential to meet performance, sustainability and constructability requirements. The architect, an active professional since the beginning of design process, is the protagonist of technology selection and able to influence the choice for a more industrialized construction process. In order to discuss how an architect could improve his job when it comes to performance, sustainability and constructability demands, assuming an integrating agent role on design process, this research approaches the prefabricated technologies for external walls of steel structural buildings. The main purpose of the research is to propose guidelines for technology selection of external walls of steel structural buildings, aiming the architectural design development, considering the project goals and requirements related to performance, sustainability and constructability. Therefore, two research strategies have been chosen: literature review and interviews with architectural designers and developer, experienced in adopting steel structure and prefabricated technologies for external walls on their projects. As a result of this, it is proposed: guidelines oriented for the architectural design process, including recommendations to organize the design company which seeks for selecting technologies for external walls driven by technical requirements; guidelines to identify if the project is included on "strategic segments" and if the "environment" for its execution is advantageous to the adoption of prefabricated building technologies; and guidelines to meet performance, sustainability, constructability, legislation and technical standards requirements to be followed by architectural designers. In conclusion, to meet performance, sustainability and constructability demands, aiming the adoption of prefabricated building technologies for external walls, there are some specific needs for architectural designers: active participation on building execution phase; establishing partnerships with stakeholders during the development process; be up to date on the legislation and technical standards (which have been showing a

trend to do not restrict the usage of traditional building technologies); to specify by performance the technologies for outside walls chosen on the project; follow the information development about environmental impact generated by outside wall technologies; and adopt the principles of Modular Coordination on the projects.

Keywords: Technology selection. Architectural design. External wall (Technology). Steel structure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escritório de arquitetura americano pesquisa a produção de módulos pré-fabricados em madeira laminada cruzada para construção de edifícios de 8 a 12 pavimentos	15
Figura 2 - Exemplos de tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedações verticais externas.....	17
Figura 3 - Fases e etapas do plano de ação da metodologia proposta por Souza (2003)	25
Figura 4 - Capacidade de influenciar no custo final da edificação ao longo de suas fases de produção	26
Figura 5 - Proposta para o processo de desenvolvimento do projeto com a ação dos quatro participantes do empreendimento	37
Figura 6 - Esquema da estrutura da Norma de Desempenho	49
Figura 7 - Estrutura do Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho	54
Figura 8 - Dimensões da sustentabilidade	60
Figura 9 - Fluxograma do ciclo de vida das fachadas	65
Figura 10 - Estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios	67
Figura 11 - Desconstrução do antigo Escritório Zanettini Arquitetura	69
Figura 12 - Desmontagem e armazenamento dos perfis.....	69
Figura 13 - Pontos de içamento para movimentação de painel de fachada	71
Figura 14 - Planta do apartamento de um empreendimento MaxHaus	72
Figura 15 - Disposição das janelas em apartamento de um empreendimento MaxHaus	72
Figura 16 - Edifício residencial (empreendimento MaxHaus) com tecnologia de fachada <i>structural glazing</i>	73
Figura 17 - Módulos pré-fabricados de espaços de saúde.....	74
Figura 18 - Plantas de edifícios residenciais, desenvolvidas de forma convencional, transformadas por Freire (2006) em plantas com medidas modulares	82
Figura 19 - Fluxo de processo de projeto proposto por Barros e Sabbatini (2003), a ser implantado por empresas construtoras e incorporadoras, objetivando a evolução do processo construtivo tradicional	83

Figura 20 - Fluxo de processo de projeto proposto por Barros e Sabbatini (2003), a ser implantado por empresas construtoras e incorporadoras, objetivando a evolução do processo construtivo tradicional (Continuação).....	84
Figura 21 - "Representação Simétrica da Tolerância"	86
Figura 22 - Corte esquemático de vãos verticais modulares.....	87
Figura 23 - Legislação e normas para seleção tecnológica das VVE - Brasil e Município de São Paulo.....	88
Figura 24 - Modelos de compartimentação vertical.....	92
Figura 25 - Exemplo de barreira corta-fogo com núcleo à base de lã de rocha mineral, reforçado com folha de alumínio.....	93
Figura 26- Construção do Hospital Mater Dei (Belo Horizonte - MG) em estrutura metálica para redução do prazo e antecipação da operação	99
Figura 27 - Hospital Sírio Libanês - Blocos E / F (São Paulo - SP) construído em estrutura metálica sobre edifício existente	100
Figura 28 - Complexidade estrutural do Parque Marítima (Rio de Janeiro, RJ).	100
Figura 29 - Laboratório de Biodiversidade (Belém - PA) a ser construído em meio à Floresta Amazônica.....	101
Figura 30 - Biblioteca Central da Pontifícia Universidade Católica de Campinas utilizou painéis pré-fabricados de concreto associados à estrutura metálica	102
Figura 31 - Empreendimento FL 4300 apresentou diferentes padrões de qualidade do acabamento, atribuídos ao uso de VVE pré-fabricadas	102
Figura 32- Projeto da Vila Residencial do ITA (São José dos Campos - SP), construído em estrutura metálica com VVE de alvenaria de blocos.....	103
Figura 33 - Implantação do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ) foi analisada para promover melhor ventilação nos edifícios e garantir o conforto	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação para vedações verticais externas.....	19
Quadro 2 - Benefícios do BIM por fase do ciclo de vida da edificação.....	30
Quadro 3 - Fases do processo de projeto	31
Quadro 4 - Responsabilidades técnicas relacionadas ao desempenho	38
Quadro 5 - Fatores condicionantes da seleção tecnológica.....	42
Quadro 6 - Requisitos da ABNT NBR 15.575: 2013 para vedações verticais externas com premissas de projeto para arquitetos.....	55
Quadro 7 - Sugestões a serem incorporadas nas práticas de projetos de vedações verticais	59
Quadro 8- Requisitos de sustentabilidade e impactos associados.....	76
Quadro 9 - Requisitos de sustentabilidade e impactos associados relativos às vedações verticais externas (VVE).....	77
Quadro 10 - Ações necessárias para obtenção de um projeto modular.....	85
Quadro 11 - Recomendações para compartimentação horizontal e vertical, conforme Instrução Técnica nº 09/2011	91
Quadro 12 - Mercado de atuação das empresas foco da pesquisa e tempo	95
Quadro 13- Análise das entrevistas (matriz de trabalho).....	97
Quadro 14 - Síntese das entrevistas realizadas	98
Quadro 15 - Mercado de atuação das empresas foco da pesquisa e tempo	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela comparativa do impacto no custo final do edifício, devido à adoção de tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedação vertical externa	47
Tabela 2 - Vida Útil de Projeto (VUP) mínima e superior	52
Tabela 3 - VUP's para as partes da edificação relacionadas às fachadas.....	52
Tabela 4 - Massa por metro quadrado de vedação com estrutura de <i>steel frame</i>	63
Tabela 5 - Massa por metro quadrado de vedação com alvenaria de blocos de concreto.....	63
Tabela 6 - Emissão de CO ₂ por área de fachada	66
Tabela 7 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTO E JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVO	19
1.3	METODOLOGIA	20
1.4	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	21
2	SELEÇÃO TECNOLÓGICA NO PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA	23
2.1	SELEÇÃO TECNOLÓGICA: CONCEITUAÇÃO	23
2.2	PROCESSO CRIATIVO DO PROJETO DE ARQUITETURA.....	26
2.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIOS.....	28
2.3.1	Etapas e produtos do projeto de arquitetura	30
2.3.2	Agentes envolvidos.....	36
2.3.3	Papel dos agentes segundo a Norma de Desempenho.....	37
2.4	INSERÇÃO DA SELEÇÃO TECNOLÓGICA NO PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA.....	39
2.5	FATORES CONDICIONANTES DA SELEÇÃO TECNOLÓGICA.....	40
2.5.1	Estrutura metálica	43
2.5.2	Vedações verticais externas.....	45
3	EXIGÊNCIAS PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS.....	48
3.1	DESEMPENHO	48
3.1.1	Vida Útil de Projeto (VUP)	51
3.1.2	Exigências da Norma de Desempenho	53
3.1.3	Mudanças no processo de projeto para atendimento às exigências de desempenho das vedações verticais externas.....	59
3.2	SUSTENTABILIDADE	60
3.2.1	Desmaterialização	61
3.2.2	Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)	64
3.2.3	Estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios	67
3.2.4	Requisitos de sustentabilidade	74
3.3	CONSTRUTIBILIDADE.....	77
3.3.1	Coordenação modular.....	81

3.4	LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS	88
4	PRÁTICAS PROFISSIONAIS PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA	94
4.1	MÉTODO DE PESQUISA	94
4.2	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	96
4.2.1	Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de estrutura metálica	99
4.2.2	Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de VVE pré-fabricada	101
4.2.3	Fatores que levaram a descartar a seleção tecnológica de vedação vertical externa pré-fabricada	103
4.2.4	Influência das exigências de desempenho na seleção tecnológica de vedação vertical externa	104
4.2.5	Influência das exigências de sustentabilidade na seleção tecnológica de vedação vertical externa	106
4.2.6	Influência das exigências de construtibilidade na seleção tecnológica de vedação vertical externa	107
4.2.7	Seleção tecnológica de vedação vertical externa e estrutura metálica no processo de projeto de arquitetura	109
4.2.8	Agentes envolvidos na seleção tecnológica de vedação vertical externa com forte relacionamento com o projetista de arquitetura	110
4.2.9	Barreiras para adoção de estrutura metálica e tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedação vertical externa em edifícios	114
5	DIRETRIZES PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA	116
5.1	DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE ARQUITETURA NA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VVE-EM	116
5.2	DIRETRIZES PARA LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DE PROJETO QUE INFLUENCIAM NA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VVE-EM	118
5.3	DIRETRIZES PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO DE TECNOLOGIAS DE VVE-EM	119
5.4	DIRETRIZES PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DE SUSTENTABILIDADE DE TECNOLOGIAS DE VVE-EM	121

5.5	DIRETRIZES PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DE CONSTRUTIBILIDADE DE TECNOLOGIAS DE VVE-EM.....	123
5.6	DIRETRIZES PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DE LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS DE TECNOLOGIAS DE VVE-EM	124
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
6.1	RESULTADOS ALCANÇADOS	126
6.2	TRABALHOS FUTUROS.....	128
	REFERÊNCIAS.....	130
	APÊNDICE A - ROTEIRO PARA ENTREVISTA	137
	APÊNDICE B - TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS	139

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

Desempenho, sustentabilidade e construtibilidade sempre foram aspectos a serem considerados no desenvolvimento dos projetos de edifícios e, em particular, no de arquitetura, uma vez que este alimenta e direciona todas as demais disciplinas de projeto. No entanto, a publicação da Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575:2013) e a intensificação das discussões sobre o meio ambiente têm trazido ainda mais destaque para essas demandas.

Se a inserção dessas demandas em projeto é um desafio, sua obtenção durante a execução do edifício é ainda mais difícil, sobretudo ao se considerar o processo tradicional que ainda domina a produção. Por outro lado, a industrialização do processo de produção tem potencial de atender as exigências de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade, pois como bem define Sabbatini (1989):

Industrialização da construção é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva. (SABBATINI, 1989, p. 52)

Portanto, por meio da industrialização, facilitada pela utilização de tecnologias pré-fabricadas, são possíveis processos de produção mais eficientes e racionais, trabalhadores com melhores condições para realização das tarefas, controle de qualidade e menor vulnerabilidade às condições climáticas. Além disso, é possível reduzir prazos de obra, principalmente quando ocorrem atividades simultâneas em canteiro e fábrica. Por consequência, é possível obter: redução custos totais, devido à redução do tempo de trabalho que não agrega valor à produção e à diminuição do desperdício de materiais; aumento da previsibilidade do negócio; antecipação da ocupação do edifício e maior rentabilidade; e menor geração de resíduo na fase de construção (TAM *et al.*, 2007 e GIRMSCHEID; SCHEUBLIN, 2010).

A industrialização da construção e a pré-fabricação continuam sendo um tema completamente atual, conforme mostram diversos artigos publicados em referenciais técnicos internacionais e o último relatório do *International Council for Research and Innovation in Building and Construction - CIB* (GIRMSCHEID; SCHEUBLIN, 2010). Por exemplo, tem-se verificado iniciativas como a do grupo de pesquisa e inovação

do escritório de arquitetura Weber Thompson, de Seattle (EUA), que investiga a viabilidade da construção de edifícios de 8 a 12 pavimentos com módulos pré-fabricados de madeira laminada cruzada. A hipótese é de que a redução dos custos resultaria de um processo de construção mais rápido, utilizando essa tecnologia construtiva. Os arquitetos também investigam essa tecnologia pelo seu apelo sustentável, pois requer menos energia durante as fases de fabricação e de construção (Figura 1).

Figura 1 - Escritório de arquitetura americano pesquisa a produção de módulos pré-fabricados em madeira laminada cruzada para construção de edifícios de 8 a 12 pavimentos

Fonte: WEBER THOMPSON (2013)

Contudo, os benefícios da industrialização do processo construtivo somente são potencializados quando as decisões são tomadas em projeto, principalmente, em suas fases iniciais, pois, como afirmam Oliveira; Melhado e Mitidieri Filho (2013):

A seleção tecnológica ocorre ainda nas etapas preliminares do projeto, compatibilizando-se as exigências do programa de necessidades com as tecnologias possíveis de serem adotadas; escolhas não adequadas nessa etapa geram impacto em todo o processo de produção da edificação e do seu entorno. (OLIVEIRA; MELHADO; MITIDIERI FILHO, 2013, p. 2)

O arquiteto, enquanto profissional atuante desde o início do processo de projeto, é protagonista da seleção tecnológica, pois na maioria das vezes, não há consultor contratado nas fases iniciais de projeto. Portanto, comumente, cabe ao arquiteto auxiliar o cliente a atingir seus objetivos para o empreendimento, bem como influenciar para adoção de um processo produtivo mais industrializado.

Segundo Mahfuz (1995), o arquiteto desempenha um papel central na materialização do edifício e, por isto, deve: interpretar o programa segundo seu repertório conceitual; submeter-se às normativas reguladoras; preconizar aspectos funcionais e estéticos; além de compatibilizar os interesses de todos os agentes. Portanto, cabe ao arquiteto equilibrar os elementos estéticos, funcionais e técnicos em seu projeto, contribuindo para isto sua formação ampla e generalista.

No entanto, tem-se observado um distanciamento dos arquitetos brasileiros em relação às atividades de construção. Esta é uma realidade da prática profissional dos arquitetos também em outros países, como apontam Volker e Klein (2010) para o caso dos escritórios de projeto de arquitetura na Holanda:

This past decade, the role of the architect has decreased moreover into tasks that are restricted to delivering the design and relate to obtaining the construction licenses only. Activities, such as briefing activities and supervision on the construction site, have been mostly taken over by other parties. (VOLKER; KLEIN, 2010, p. 45)

As razões para a transferência da responsabilidade dos arquitetos para outros profissionais, particularmente sobre questões técnicas do edifício, podem ter sua origem no distanciamento entre as atividades de concepção do empreendimento (projeto) e construção. O aumento da complexidade do edifício e das tecnologias construtivas, também pode ter promovido a especialização das disciplinas e ter contribuído para a diminuição da responsabilidade do arquiteto no processo de tomada de decisão quanto às tecnologias a serem utilizadas. Verifica-se, portanto, a necessidade desses profissionais resgatarem seu espaço nas discussões de âmbito tecnológico:

A julgar-se pelo que se constata atualmente, de forma geral, a classe dos arquitetos vem paulatinamente perdendo terreno, tanto no processo de tomada de decisões do próprio processo criativo da concepção como da elaboração técnica fragmentada dos projetos. São várias as hipóteses e os motivos que levaram os arquitetos a essa situação, porém para reverter esse quadro à vista do estabelecido na própria Norma de Desempenho, é necessário, além do amplo conhecimento desse processo e seus agentes, dominar o seu conteúdo. É essencial o domínio dos instrumentos e do *modus operandi* dessa cadeia produtiva. Somente com o conhecimento desse processo, a arquitetura deverá novamente obter voz ativa nas decisões, agregar valor e peso em suas ações e atribuições profissionais. A Norma resgata as boas práticas de projeto demandando qualificação e estudo por parte dos arquitetos, como no caso da especificação dos elementos e sistemas construtivos que deve ser mais aprofundada. (ASBEA, 2015, p. 2)

Para discutir como o arquiteto pode melhorar sua postura frente às demandas de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade, ocupando seu papel de agente

integrador no processo de projeto, este trabalho limita-se a abordar as tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica (VVE-EM) (Figura 2).

Figura 2 - Exemplos de tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedações verticais externas

Vedações com estruturas leves de aço (*light steel framing*)

Painel metálico isolante

Painel pré-fabricado de concreto

Sistemas de vedação de fachadas com vidro

Fonte: KNAUF (2014); DÂNICAZIPCO (2014); STAMP (2014); TECNOFEAL (2014).

Baseada na bibliografia (SABATTINI, 1989, ABNT NBR 9062:2006 e GIRMSCHEID; SCHEUBLIN, 2010), a autora define "tecnologia construtiva pré-fabricada":

Tecnologia construtiva pré-fabricada é um conjunto sistematizado de conhecimentos científicos e empíricos; empregado na criação, produção e difusão do modo de construir um edifício (ou uma sua parte); utilizando elementos pré-fabricados, que foram pré-montados ou pré-moldados fora do local de utilização definitiva; executados industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada

para esse fim; com o objetivo de formar uma parte da montagem final do edifício.

A opção pela estrutura metálica busca aproveitar o conhecimento da autora na área de desenvolvimento de projetos de arquitetura, em escritório reconhecido pelo uso deste sistema estrutural em edifícios; mas, principalmente, está relacionada ao seu anseio em projetar com elementos pré-fabricados com vistas à industrialização do processo de produção.

A abordagem das vedações verticais externas (VVE) deve-se à sua influência nos custos de produção, na logística e planejamento da obra, no desempenho e no atendimento às expectativas estéticas do cliente para o edifício.

Medeiros (2014) explica que os custos totais envolvidos nas vedações verticais externas dos edifícios variam conforme a tecnologia utilizada. Para tecnologias convencionais, incluindo paredes de alvenaria, esquadrias com vidro e revestimentos convencionais aderidos, os custos representam entre 9 a 13% do custo total de uma edificação no Brasil. Franco (2010) explica que as vedações verticais são constituídas de pelos elementos de vedo, esquadria e revestimento e podem influenciar entre 10% a 40% do custo do edifício. O custo de manutenção das vedações ao longo da vida útil do edifício representa em torno de 20% do total destinado à manutenção do edifício (OLIVEIRA, 2009).

Além de sua importância para os custos da edificação, as vedações verticais externas, ou fachadas, constituem "o máximo de comunicação do edifício com o observador, é a aparência da obra perante o mundo exterior" e, por isso, as fachadas trazem consigo um importante valor também para o partido arquitetônico, pois traduzem os "códigos estéticos e culturais próprios de cada período (...), evidenciando técnicas construtivas vigentes em cada sociedade, coletividade ou grupo social" (JORGE, 2012, p.433).

As vedações verticais são consideradas subsistemas do edifício:

O subsistema vedação vertical tem, especialmente, a função de criar, junto com as esquadrias e os revestimentos, condições de habitabilidade para o edifício, ou seja, de servir como mediadora entre o meio externo e interno, de modificar as condições interiores como requerido pelo usuário e tem, também, função estrutural e estética. (OLIVEIRA; SABBATINI, 2003, p.3)

Oliveira (2009) indica duas classificações para vedações verticais externas (Quadro 1):

Quadro 1 - Classificação para vedações verticais externas

Classificação em função da densidade superficial	Classificação em função do momento em que o revestimento é incorporado
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vedações leves</i>: são as vedações verticais não estruturais, de densidade superficial baixa, sendo o limite de aproximadamente 60 kg/m² (ABNT NBR 15.575- 4). Exemplo: vedações com estruturas leves de aço (<i>light steel framing</i>), painéis metálicos isolantes; <p>* A densidade superficial dos sistemas de vedação de fachadas com vidro poderá superar 60 kg/m² dependendo da composição de perfis e espessura de vidro adotada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Vedações pesadas</i>: são as vedações verticais que podem ser estruturais ou não, de densidade superficial superior ao limite pré-determinado de aproximadamente 100 kg/m². Exemplo: painéis pré-fabricados de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vedação com revestimento incorporado</i>: vedações verticais que são posicionadas acabadas em seus lugares definitivos, sem a necessidade de aplicação de revestimentos a posteriori. Exemplo: painéis pré-fabricados de concreto, painéis metálicos isolantes; • <i>Vedação com revestimento a posteriori</i>: vedações verticais que são executadas em seus lugares definitivos, sem a aplicação prévia de revestimentos. Exemplo: alvenarias com revestimentos aderidos ou não aderidos; • <i>Vedação sem revestimento</i>: vedações verticais que não necessitam da aplicação de revestimentos. Podem ser utilizadas aparentes ou receberem unicamente pintura. Exemplo: sistemas de vedação de fachadas com vidro (fachada cortina convencional, pele de vidro, <i>structural glazing</i>, sistema unitizado, <i>spider glass</i>).

Fonte: Oliveira (2009)¹

As vedações verticais internas não serão abordadas neste trabalho, pois se considera a tecnologia de paredes de gesso acartonado uma alternativa consolidada para produção de edifícios no Brasil e adequada para a associação com a estrutura metálica, por apresentar interfaces solucionadas e potencial compatível para industrialização do processo construtivo.

1.2 OBJETIVO

Objetivo geral

Propor diretrizes para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica (VVE-EM), para o desenvolvimento do projeto de arquitetura, considerando os objetivos do empreendimento e as exigências relacionadas a desempenho, sustentabilidade e construtibilidade.

Objetivos específicos

¹ Elaborado pela autora, baseado em Oliveira (2009).

- Caracterizar o processo de seleção tecnológica no projeto de arquitetura, com base na bibliografia e em entrevistas com arquitetos e incorporador;
- Identificar exigências relacionadas a desempenho, sustentabilidade e construtibilidade para seleção tecnológica VVE-EM.

1.3 METODOLOGIA

Para discutir como o arquiteto pode melhorar sua postura frente às demandas de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade, ocupando seu papel de agente integrador no processo de projeto, a autora utiliza sua experiência profissional em um escritório de arquitetura com expressiva produção de edifícios em estrutura metálica associada aos fundamentos da literatura.

A realização deste trabalho adota duas estratégias de pesquisa: a revisão bibliográfica e entrevistas com profissionais.

A realização das entrevistas busca identificar as razões por que uma decisão ou um conjunto de decisões são tomadas, como elas são implementadas e com que resultados (YIN, 2010). Assim, a entrevista é o principal instrumento de pesquisa utilizado para identificar, no contexto real do projeto de arquitetura, “como” ocorre o processo de seleção tecnológica; “por que” se opta por uma determinada tecnologia construtiva para VVE-EM; “como” ela é implementada no projeto de arquitetura; e “quais” são os resultados obtidos.

Pretende-se, nesta pesquisa, confrontar o conteúdo teórico da bibliografia com os dados obtidos nas entrevistas, a fim de propor diretrizes para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica (VVE-EM).

A seguir, apresenta-se uma síntese da metodologia adotada:

Revisão bibliográfica

- Consulta a livros, teses, dissertações e artigos técnicos nacionais e internacionais para:
 - conceituação sobre seleção tecnológica;
 - estudo sobre o processo do empreendimento e do projeto de arquitetura;
 - levantamento das exigências relacionadas a desempenho, sustentabilidade e construtibilidade para as VVE de edifícios.

- Consulta à Norma de Desempenho, ABNT NBR-15575:2013, particularmente à Parte 4, que aborda os requisitos para as vedações verticais externas;
- Consulta aos materiais elaborados pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), particularmente, ao *Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo* e *Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho*.

Entrevistas com arquitetos e incorporador

- Elaboração de roteiro preliminar da entrevista para teste;
- Revisão do roteiro para entrevista;
- Seleção da amostra de empresas de projeto de arquitetura, por meio de busca em publicações de periódicos e sites na Internet sobre projetos de edifícios em estrutura metálica com tecnologias de vedações verticais externas pré-fabricadas;
- Agendamento de entrevista presencial com o coordenador do projeto ou com arquitetos-diretores das empresas;
- Realização da entrevista com arquitetos;
- Realização de entrevista com incorporador, com o objetivo de incluir a visão de um profissional que interfere no processo de projeto de arquitetura;
- Transcrição das entrevistas e classificação dos registros por assunto (fatores que influenciam na seleção tecnológica; influência das exigências de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade; seleção tecnológica no processo de projeto de arquitetura; barreiras para adoção de estrutura metálica e tecnologias construtivas pré-fabricadas para VVE em edifícios);
- Comparação das opiniões de diferentes arquitetos e do incorporador sobre o mesmo assunto.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação está estruturada em seis capítulos, sendo este o *Capítulo 1 - Introdução*, em que se apresentam contexto e justificativa do trabalho, seus objetivos e metodologia.

O *Capítulo 2 - Seleção tecnológica no processo de projeto de arquitetura* faz uma análise de como ocorre a seleção tecnológica no processo de projeto de edifícios, particularmente, nos projetos de arquitetura. São abordados nesse capítulo: conceituação sobre seleção tecnológica; processo de projeto de edifícios, com suas etapas e agentes envolvidos; fatores condicionantes da seleção tecnológica identificados na bibliografia, em uma abordagem geral e específica para vedações verticais externas e estrutura metálica.

No *Capítulo 3 - Exigências para seleção tecnológica de vedações verticais externas* são analisadas exigências de desempenho, sustentabilidade, construtibilidade, legislação e normas técnicas que devem orientar a identificação e avaliação de alternativas para seleção tecnológica de vedações verticais externas pelo projetista de arquitetura.

O *Capítulo 4 - Práticas profissionais para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica em escritórios de arquitetura* detalha o método de pesquisa e traz os resultados das entrevistas aplicadas a arquitetos e incorporador.

No *Capítulo 5 - Diretrizes para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica* são propostas diretrizes, voltadas aos projetistas de arquitetura, a partir de elementos identificados na revisão bibliográfica, nas informações obtidas por meio de entrevistas com profissionais e também na experiência profissional da autora como projetista de arquitetura.

O *Capítulo 6 - Considerações finais* faz uma análise dos resultados alcançados nesta pesquisa e aponta sugestões para trabalhos futuros.

2 SELEÇÃO TECNOLÓGICA NO PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA

Este capítulo faz uma análise de como a seleção tecnológica ocorre no processo de projeto de edifícios, particularmente, nos projetos de arquitetura.

Primeiro, é apresentada uma breve conceituação sobre seleção tecnológica. Em seguida, aborda-se o processo de projeto de edifícios, com suas etapas e agentes envolvidos, destacando a seleção tecnológica no processo de projeto de arquitetura. Ao final do capítulo, são relacionados os fatores condicionantes da seleção tecnológica identificados na bibliografia, em uma abordagem geral e específica para vedações verticais externas e estrutura metálica.

2.1 SELEÇÃO TECNOLÓGICA: CONCEITUAÇÃO

Silva (1996), com foco na indústria da construção civil, define seleção tecnológica como a escolha de uma tecnologia específica, realizada a partir de um conjunto de alternativas com potencial de atender às necessidades estabelecidas em projeto, mediante julgamento de critérios pré-definidos, os quais devem permitir a avaliação das alternativas, segundo as necessidades de todos os envolvidos (clientes internos e externos ao processo).²

Masetti; Vatovec e Parker (2013) afirmam que a dificuldade na seleção tecnológica consiste em ter diversas alternativas para solucionar um problema, sendo necessário estabelecer:

- Quais são os requisitos funcionais que a tecnologia deve satisfazer?
- Quais são os requisitos não-funcionais que a tecnologia deve satisfazer?
- Quais são os critérios de seleção?

Deve-se entender por requisitos não-funcionais as condições que expressam qualitativamente os atributos relativos à subjetividade envolvida no processo criativo de projeto, como o desempenho estético esperado. Este trabalho destaca os

² Ao expressar "as necessidades de todos os envolvidos", a autora refere-se às necessidades dos clientes externos ao processo de produção, que recebem o produto final; e às necessidades dos clientes internos ao processo de produção que, por meio de suas atividades, viabilizam o produto final.

requisitos funcionais, ou seja, as condições que expressam qualitativamente os atributos relacionados a desempenho, sustentabilidade e construtibilidade.

Sabbatini (1998) afirma que, apesar de haver diversas alternativas para solucionar um problema, se considerado o tipo de edifício, a região do país em que se encontra e o momento técnico-econômico, restringe-se o número de alternativas para a escolha da tecnologia. O autor acrescenta que, para fazer uma escolha técnica, é necessário "dominar o conhecimento relacionado com a tecnologia de produção daquelas alternativas que estão sendo objeto de análise. Se assim não for, a escolha não é técnica".

Alguns autores procuraram estabelecer metodologias de seleção tecnológica, dada a importância de se dispor de uma ferramenta que explicita o processo de tomada de decisão por uma determinada tecnologia. Souza (2003) afirma que o objetivo das ferramentas de auxílio à tomada de decisão é estruturar este processo, contribuindo para aumentar o grau de racionalidade e eliminar a improvisação, a fim de evitar dificuldades que originam decisões erradas. Segundo o autor, realizar a melhor escolha nem sempre é possível, pois o processo de formular alternativas para decisão e decidir-se pela melhor delas é quase sempre "caótico e complexo":

Caótico porque os indivíduos e as organizações não possuem visão clara e completa dos objetivos e dos meios que definem o problema de decisão. Complexo porque a incerteza, a falta de estruturação e o tamanho do problema podem inviabilizar a aplicação sistemática da maior parte das metodologias de decisão, as quais frequentemente utilizam julgamentos subjetivos (SHIMIZU, 2001 apud SOUZA, 2003).

Souza (2003) conclui que a qualidade da decisão depende, principalmente, do processo de análise anterior à tomada de decisão. Este processo deve seguir um conjunto de etapas: estruturar o problema, criar alternativas factíveis, coletar informações e tomar a decisão (Figura 3). Dessa forma, segundo o autor, embora não existam garantias de bom resultado, do ponto de vista lógico, as chances de se conseguir o objetivo almejado são maiores.

Figura 3 - Fases e etapas do plano de ação da metodologia proposta por Souza (2003)

Fonte: Souza (2003)

Destaca-se o papel do projetista na seleção tecnológica, por possuir elevado poder de impacto nos custos do edifício ao longo de todo o seu ciclo de vida com suas decisões de projeto. Segundo Dell’Isola apud Gondim (2007), os agentes envolvidos nas fases iniciais do processo do empreendimento detêm as maiores oportunidades para a redução dos custos. Hammarlund e Josephson (1992) observam que a capacidade de influenciar no custo de produção da edificação é muito maior nas fases de estudo de viabilidade e de projeto do que em outras fases do empreendimento (Figura 4).

Figura 4 - Capacidade de influenciar no custo final da edificação ao longo de suas fases de produção

Fonte: (HAMMARLUND; JOSEPHSON, 1992)

Oliveira; Melhado e Mitidieri Filho (2013) acrescentam que a seleção tecnológica realizada nas etapas preliminares do projeto, compatibilizando-se as exigências do programa de necessidades com as tecnologias possíveis de serem adotadas, tem potencial para incrementar os níveis de desempenho e de sustentabilidade do ambiente construído. Ao contrário, escolhas inadequadas nessa etapa geram impacto em todo o processo de produção da edificação e do seu entorno.

Neste trabalho são analisadas as decisões de projeto, em particular, aquelas que envolvem os projetistas de arquitetura, quando se veem diante da necessidade de escolher uma entre as muitas alternativas possíveis, levando em consideração as múltiplas necessidades a serem atendidas. Um exemplo deste tipo de decisão é: *Que tecnologia de vedação vertical externa atende às exigências de desempenho, apresenta menor impacto ambiental e maior construtibilidade?*

2.2 PROCESSO CRIATIVO DO PROJETO DE ARQUITETURA

As decisões de projeto que envolvem a seleção tecnológica referem-se às escolhas entre alternativas de *concepção projetual* (que dão forma à concepção de projeto), e/ou às escolhas entre alternativas de *produtos* (que compõem os subsistemas do

edifício - materiais, componentes, elementos e processos construtivos disponíveis no mercado).

A escolha de alternativas de concepção projetual para alguns subsistemas, como o de vedações, está relacionada à metodologia de projeto, ou seja, à forma de pensar, conceber e desenvolver soluções do projetista. Por esta razão, faz-se necessário abordar, brevemente, o processo criativo do projeto de arquitetura.

O campo projetivo arquitetônico situa-se numa área intermediária entre ciência e arte. Em arquitetura, o processo de criação não possui métodos rígidos ou universais entre profissionais, embora possam ser verificados alguns procedimentos comuns entre projetistas. Kowaltowski et al. (2006), analisando trabalhos de diferentes autores que trazem estudos do processo criativo, mostram que cinco métodos são comumente considerados na solução de projetos de arquitetura:):

- analogias antropométricas: baseiam-se no corpo humano e suas características dimensionais (medidas e proporções);
- analogias literais: a forma é inspirada em elementos da natureza;
- relações ambientais: utiliza com maior rigor princípios científicos ou empíricos da relação entre homem e ambiente (clima, tecnologia e recursos disponíveis);
- tipologias: aplicação do conhecimento de soluções anteriores a problemas relacionados;
- linguagens formais: estilos adotados por grupos ou escolas de projetistas.

Portanto, não há uma fórmula ou solução formal universal para o projeto arquitetônico. Porém, Kowaltowski et al. (2006) explicam a importância das metodologias de projeto:

A metodologia de projeto, como um procedimento organizado para transportar o processo de criação a certo resultado, procura racionalizar as atividades criativas e apoiar o projetista para a solução de problemas cada vez mais complexos, uma vez que a tomada de decisão significa escolher um curso de ação entre muitas possibilidades. As metodologias de projeto que auxiliam o processo criativo podem ser vistas como abstrações e reduções utilizadas para compreender o fenômeno projetivo. (KOWALTOWSKI et al., 2006, p. 9)

Segundo Kowaltowski et al. (2006), existe um consenso entre os teóricos de que a intuição é parte importante do processo criativo e de que o desenvolvimento do projeto de arquitetura não é uma sequência linear de atividades exatas, "uma vez que o projetista não possui, *a priori*, amplo conhecimento da natureza do objeto de

projeto e seu processo de pensamento não pode ser considerado totalmente racional".

De fato, há uma dificuldade (ou particularidade) no desenvolvimento do projeto de arquitetura, que Kowaltowski et al. (2006) descrevem:

O objeto (projeto) (...) não é definido no ato, mas se constrói através da evolução do processo de projeto. A descrição parcial (no programa de necessidades) do objeto é transformada em desenhos. A manipulação incremental do desenho do objeto adiciona informação e refina o produto. Nesse sentido, o processo de projeto é um processo de aprendizagem. O projetista estuda o objeto e as condições de uso dele. (KOWALTOWSKI et al., 2006, p.16)

Este processo de aprendizagem, defendido por Kowaltowski et al. (2006), necessita de um sistema de informações de suporte ao projeto, que garanta: comunicação eficiente entre projetistas e cliente ou usuário, consultores, fabricantes, construtor, enfim, com todos os agentes intervenientes no processo de projeto; acesso a códigos, legislação, normas técnicas; possibilidade de realização de simulações, modelos e cálculos; entre outros. A qualidade desse sistema de informações de suporte ao projeto reflete diretamente em seu processo e na qualidade do produto.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIOS

O processo de desenvolvimento do produto "edifício" apresenta particularidades que o tornam complexo, como: as características do mercado, com inúmeros atributos capazes de influenciar na tomada de decisão; a longa duração da vida útil do produto; o longo ciclo do negócio; e o impacto ambiental gerado. Além disso, o produto edifício é único e não seriado, com localização permanente, o que dificulta a constância de processos e todos os demais aspectos que envolvem sua produção. Somado a estas particularidades, observa-se um distanciamento entre projetistas e construtores, favorecendo a perda de informações.

As práticas de planejamento e controle do processo de projeto têm sido substituídas pela improvisação, o que, entre outros problemas, leva a erros nas tomadas de decisão (MANZIONE, 2013). Emmitt (2010) reforça essa ideia ao afirmar que a maioria dos arquitetos não tem compreendido a função da gestão de projetos.

Alguns pontos problemáticos do processo tradicional de desenvolvimento de projetos de edifícios podem ser relacionados (BALLARD; KOSKELA, 1998 apud MANZIONE, 2013):

- Trabalho de projeto sequencial, rigidamente segmentado, com administração concentrada apenas no cumprimento de contratos individuais dos projetistas;
- Visão fragmentada sobre a realização de tarefas (é mais importante, na visão convencional, concluir a tarefa isoladamente do que promover a interação entre diferentes tarefas);
- Entendimento da gestão do projeto apenas como gestão isolada de tarefas individuais, desconsiderando a geração de valor e alcançando resultados pobres para o cliente;
- Ausência de colaboração entre a equipe de projeto para a solução conjunta de problemas;
- Pouca percepção da natureza cíclica e interativa do processo de projeto, gerando uma elevada carga de retrabalho;
- Longas sequências de trabalho tiram o foco nos requisitos do cliente, que podem ser esquecidos ou negligenciados.

Há quase vinte anos, Fabricio e Melhado (1998) já indicavam que a evolução consiste na passagem da rotina do processo de projeto sequencial para o processo de projeto integrado. Os autores abordam o conceito de Projeto Simultâneo, que traduz elementos da Engenharia Simultânea ao processo de projeto. Os mesmos autores, em outra publicação (FABRÍCIO; MELHADO, 2002) colocam como principais pontos do Projeto Simultâneo:

- valorização do papel do projeto e integração precoce, no projeto, entre os vários especialistas e agentes do empreendimento;
- transformação cultural e valorização das parcerias entre os agentes do projeto;
- reorganização do processo de projeto de forma a coordenar concorrentemente os esforços de projeto;
- utilização das novas tecnologias de informática e telecomunicações na gestão do processo de projeto.

Segundo Manzione (2013), o advento do BIM está impulsionando mudanças nos paradigmas da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), tradicionalmente, caracterizada como conservadora. O autor afirma que "estamos nos estágios iniciais de uma transformação na AEC que irá modificar profundamente a forma de perceber e interagir com o ambiente construído".

Eastman (2006) destaca a mudança "revolucionária" na substituição da forma de representação dos edifícios:

Throughout the history of architecture, the essential building representation has been drawings. [...]The replacement of drawings with a new base representation for design, communication, construction, and archiving of buildings is a revolutionary and epoch-making change, in both architecture and in the construction industry generally. This change alters the tools, the means of communication, and working processes. (EASTMAN, 2006, p. 2)

Para Sacks *apud* Manzione (2013), o principal foco do BIM é a colaboração e cooperação entre os agentes envolvidos no processo do empreendimento. Eastman et al. (2008) sintetizam os benefícios do BIM por fases do ciclo de vida da edificação (Quadro 2):

Quadro 2 - Benefícios do BIM por fase do ciclo de vida da edificação

Fase do ciclo de vida do edificação	Benefícios do BIM
Concepção do projeto	Facilita a elaboração de estudos preliminares de conceitos e viabilidade.
Projeto	Visualização mais precisa e em estágios mais recentes do projeto; correções automáticas dos elementos no modelo quando são efetuadas mudanças no projeto; geração automática de desenhos 2D em qualquer estágio do projeto; facilidade de colaboração mais cedo do trabalho multidisciplinar; facilidade de verificação do projeto contra os requisitos do programa; extração automática de quantitativos durante o processo de projeto; melhorias no processo de análise energética e de sustentabilidade.
Execução	Sincronização do planejamento da obra com os objetos do modelo; descoberta de interferências físicas entre elementos do edifício ou omissões antes da execução da obra; rapidez no processo de mudanças do projeto; possibilidade de usar o modelo de projeto como base para a pré-fabricação; melhor implementação da metodologia da construção enxuta; sincronização das fases de aquisição, projeto e construção.
Operação	Melhor gerenciamento da operação dos sistemas e ativos do edifício.

Fonte: (EASTMAN et al., 2008)³

2.3.1 Etapas e produtos do projeto de arquitetura

As principais fases e etapas do processo de projeto são destacadas por diversos autores. Foca-se, aqui, nos trabalhos de Melhado (2005) - voltado para o processo

³ Elaborado pela autora, baseado em Eastman (2008).

do empreendimento – e da AsBEA (2012) que trata do processo de projeto de arquitetura, sintetizando-se suas ideias a partir de elementos comuns (Quadro 3).

Quadro 3 - Fases do processo de projeto

Processo de Projeto do Empreendimento (MELHADO, 2005)			Processo de Projeto de Arquitetura (ASBEA, 2012)	
Fase	Etapa	Produto	Fase	Subfase/Produto
1ª Fase: Concepção	Idealização do produto	Programa de necessidades e prioridades	Fase A: Concepção do produto	Levantamento de dados
				Programa de Necessidades
				Estudo de Viabilidade
2ª Fase: Desenvolvimento	Desenvolvimento do produto	Estudo preliminar	Fase B: Definição do produto	Estudo Preliminar
				Anteprojeto
				Projeto Legal
	Formalização	Anteprojeto / Projeto Básico	Fase C: Identificação e solução de interfaces	Projeto Básico
	Detalhamento	Projeto Executivo / Projeto para Produção	Fase D: Detalhamento de especialidades	Projeto Executivo
3ª Fase: Execução	Planejamento para a execução	Execução conforme projeto e especificações técnicas	Fase E: Pós entrega do projeto	(Checagem de informações para orçamentação e obras)
4ª Fase: Gestão em uso	Gestão e manutenção	Gerenciamento do uso e da manutenção; gerenciamento da operação	Fase F: Pós entrega da obra	As Built

Fonte: (MELHADO, 2005; ASBEA, 2012)⁴

⁴ Elaborado pela autora, baseado em (MELHADO, 2005; ASBEA, 2012).

As fases e etapas de projeto são, conceitualmente, progressivas. Na medida em que avançam, agrega-se maior nível de detalhe às soluções, reduzindo-se a possibilidade de alterações com baixa inversão de recurso.

Cada produto entregue no processo de projeto possui um escopo distinto. A partir dos trabalhos de Melhado (2005), Oliveira e Mitidieri Filho (2012) e do *Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo* (ASBEA, 2012), a seguir, faz-se uma síntese do conteúdo de cada produto relativo às diferentes etapas do processo de projeto, com destaque para o escopo do projetista de arquitetura.

Produto: Programa de necessidades e prioridades

- *Conteúdo do produto no processo do empreendimento*

O programa de necessidades e prioridades consiste no levantamento dos requisitos legais e de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade, considerando aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais, aplicáveis para cada empreendimento.

- *Escopo do projetista de arquitetura*

Levantar o conjunto de informações de caráter técnico, legal, financeiro e programático que nortearão a definição do partido arquitetônico, das soluções de sistemas e do produto imobiliário pretendido.

Produto: Estudo preliminar

- *Conteúdo do produto no processo do empreendimento*

No estudo preliminar é realizada a confirmação dos requisitos e exigências estabelecidos para o empreendimento no Programa de Necessidades. E, com base neles, deve ocorrer a seleção tecnológica. A partir da identificação de diversas tecnologias possíveis, criam-se justificativas para as escolhas realizadas.

- *Escopo do projetista de arquitetura*

Definir o Partido Arquitetônico⁵, baseado na análise e confirmação das informações levantadas na etapa de identificação do programa de necessidades.

⁵ Uma das primeiras atividades no desenvolvimento do projeto de um edifício é a definição do seu partido arquitetônico:

Denomina-se Partido Arquitetônico a ideia preliminar da arquitetura do edifício. Idealizar um projeto requer, pelo menos, dois procedimentos: um

Produto: Anteprojeto e Projeto Básico

- *Conteúdo do produto no processo do empreendimento*

Após a seleção tecnológica, é possível discutir e formalizar os critérios de desempenho e os critérios ambientais, sociais e econômicos (quantitativos).

Também são definidos os métodos a serem adotados para comprovação do atendimento aos critérios estabelecidos (análise de projetos, resultados de ensaio, experiências anteriores etc.).

As exigências e seus métodos de comprovação deverão ser incluídos nos contratos com fornecedores de componentes e elementos construtivos.

Os resultados de desempenho de determinada tecnologia são compilados e registrados desde essa etapa do projeto. Para tecnologias inovadoras, no caso brasileiro, recorre-se ao SINAT; para tecnologias convencionais, buscam-se os resultados em bancos de dados existentes ou ensaios de terceira parte fornecidos por fabricantes.

- *Escopo do projetista de arquitetura*

Consolidar o Partido Arquitetônico considerando a interferência e compatibilização de todas as disciplinas complementares e suas soluções balizadas pela avaliação de custos, métodos construtivos e prazos de execução, desempenho e sustentabilidade.

Produto: Projeto Executivo

- *Conteúdo do produto no processo do empreendimento*

Realiza-se o detalhamento técnico dos projetos, considerando as soluções construtivas para atendimento aos critérios estabelecidos. A definição da Vida Útil de Projeto (VUP) e dos períodos de inspeção e formas de realizar a

em que o projetista toma a resolução de escolha dentre inúmeras alternativas, de uma ideia que deverá servir de base ao projeto do edifício do tema proposto; e outro em que a ideia escolhida é desenvolvida para resultar no projeto. É do primeiro procedimento, o da escolha da ideia, que resulta o partido, a concepção inicial do projeto do edifício, a feitura do seu esboço (NEVES, 1998 apud BISELLI, 2011).

manutenção preventiva para garantir a VUP são apresentados na documentação de projeto⁶.

- *Escopo do projetista de arquitetura*

Detalhamento geral de todos os componentes, elementos e sistemas do empreendimento gerando um conjunto de informações técnicas confiável e suficiente para as etapas de orçamento e execução da obra. Estabelecimento da VUP de cada subsistema e especificação de materiais, produtos e processos que atendam ao desempenho mínimo estabelecido na norma ABNT NBR 15575:2013.

Fase: Pós-entrega do projeto (etapa de execução)

- *Conteúdo da fase no processo do empreendimento*

Nesta etapa ocorre a contratação (seleção, licitação e contratação) da empresa construtora, o planejamento da construção do empreendimento e sua execução. Devem ser garantidos detalhes e especificações que traduzem as exigências e os requisitos estabelecidos para o empreendimento e que sejam compatíveis com a cultura construtiva das empresas executoras contratadas. Deve ser elaborado o projeto para produção, com procedimentos de execução.

A construtora é responsável pela elaboração dos Manuais de Uso Operação e Manutenção. Porém, indicações de como realizar a manutenção para atingir a VUP devem passar a fazer parte da especificação técnica dos projetos, para serem incorporadas ao Manual de Uso Operação e Manutenção.

É fundamental a participação dos projetistas nesta etapa, dando suporte à execução da obra no que se refere às dúvidas advindas das especificações do projeto executivo.

- *Escopo do projetista de arquitetura*

- Serviços essenciais⁷: apresentação do projeto, esclarecimento de dúvidas e acompanhamento básico da obra (acompanhar e identificar as alterações efetuadas em obra);

⁶ A VUP é estabelecida previamente (durante o levantamento do Programa de Necessidades e Estudo Preliminar), e em comum acordo, pelo incorporador e/ou proprietário e projetista, e deve orientar as atividades de todos os envolvidos no processo do empreendimento.

⁷ AsBEA (2012) classifica os serviços oferecidos durante a elaboração de um projeto:

- Serviços Essenciais: produtos que são obrigatoriamente desenvolvidos em cada etapa de projeto, sem exigências específicas;

- Serviços específicos: análise de soluções alternativas, visitas a fornecedores;
- Serviços opcionais: compatibilização de especificações entre fornecedores, orientação técnica para propostas de fornecedores, adaptação e alterações de projeto, acompanhamento técnico da obra, preparação de material gráfico para o Manual de Uso Operação e Manutenção.

Fase: Pós-entrega da obra (etapa de uso, operação e manutenção)

- *Conteúdo da fase no processo do empreendimento*

Após a entrega da obra, o usuário assume sua utilização e é quando são colhidas informações para retroalimentar o processo produtivo. Nesta etapa, o gerenciamento do edifício é realizado com base no Manual de Uso, Operação e Manutenção.

- *Escopo do projetista de arquitetura*

- Serviço essencial: avaliação e validação do processo de projeto (reunião com todos os envolvidos no processo do empreendimento - empreendedor, projetistas e consultores, construtor, gerenciador de projetos e obra - com o objetivo de rastrear as não conformidades e indicar possíveis soluções para a melhoria contínua do processo de projeto de arquitetura);
- Serviço específico: As-Built (conjunto de desenhos conforme executado);
- Serviço opcional: Avaliação Pós-Ocupação.

A AsBEA (2015) afirma que as fases do projeto de Arquitetura não devem ser alteradas com as evoluções na tecnologia da produção de projeto e obra, como CAD ou BIM, pois apenas possibilitam maior controle sobre as etapas de projeto, permitindo estimativas de quantidades e custos mais apuradas em fases preliminares, assim como simulações mais realistas que embasem as tomadas de decisão pertinentes a cada etapa.

-
- Serviços Específicos: produtos complementares, não usuais, que são adicionais aos Serviços Essenciais, que poderão ser desenvolvidos pelos escritórios de projeto, mediante contratação específica;
 - Serviços Opcionais: produtos e serviços especializados, normalmente, executados por outros escritórios ou profissionais, porém, alguns escritórios de projeto possuem qualificação para executá-los, mediante contratação específica.

2.3.2 Agentes envolvidos

Melhado (1994) analisa os agentes envolvidos no processo do empreendimento, sob a ótica da qualidade, conforme descrito a seguir. O autor classifica os agentes em quatro categorias de participantes principais: *empreendedor*; *projetista*; *construtor*; e *usuário* (Figura 5).

O empreendedor é responsável pela *geração* do produto. Este agente avalia a qualidade do projeto a partir do alcance de seus objetivos empresariais, que envolvem tanto o sucesso quanto a penetração do produto no mercado. Também é responsável pela formação de uma imagem junto aos compradores, pelo retorno que o projeto venha a proporcionar a seus investimentos ou, pelo menos, por exigir que os custos previstos para o empreendimento sejam mantidos.

O projetista atua na *formalização* do produto. Rosso (1980) há mais de 30 anos defendia que é papel do projetista apresentar não um universo de soluções, mas aquelas que, em princípio, atendam ao programa do cliente (empreendedor) nos aspectos funcionais e técnicos e ao enfoque econômico que o cliente (empreendedor) propõe.

O construtor é responsável pela produção do edifício. Pela sua ótica, a avaliação da qualidade do projeto é realizada com base na compreensão que é capaz de ter quanto ao projeto apresentado, muito relacionada à clareza da apresentação e ao conteúdo propriamente dito. O projeto dá subsídios ao construtor para o planejamento da execução, de modo que o conteúdo, a precisão e a abrangência das informações de projeto podem reduzir a margem de dúvida ou necessidade de correções durante a execução. O construtor também analisa a potencial economia de materiais e de mão de obra, capazes de proporcionar redução de desperdícios durante a produção do edifício.

O usuário assume a *utilização* do produto. Sua avaliação da qualidade do projeto baseia-se na satisfação de suas intenções de “consumo”, envolvendo conforto, bem-estar, segurança, funcionalidade e baixos custos de operação e de manutenção.

Figura 5 - Proposta para o processo de desenvolvimento do projeto com a ação dos quatro participantes do empreendimento

Fonte: Melhado (1994)

Podem ser citados outros agentes, como o projetista especialista, que tem a responsabilidade de desenvolver o projeto específico à sua especialidade e zelar pelo cumprimento de suas definições na fase de obras. Esse especialista pode desenvolver o projeto ou atuar como consultor, o que depende da maneira como é contratado. O projetista de vedações é um exemplo de projetista especialista.

2.3.3 Papel dos agentes segundo a Norma de Desempenho

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575-1:2013, no item 5 "Incumbências dos intervenientes", estabelece as responsabilidades técnicas relacionadas ao desempenho para cada agente participante de serviços e obras de engenharia e arquitetura. Tais responsabilidades dos agentes estão sintetizadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Responsabilidades técnicas relacionadas ao desempenho

Agente	Responsabilidades técnicas
Fornecedor de insumo, material, componente e/ou sistema	Caracterizar o desempenho de acordo com a ABNT NBR 15575-1:2013.
Projetista	Estabelecer a vida útil projetada (VUP) de cada subsistema; Especificar materiais, produtos e processos que atendam ao desempenho mínimo.
Incorporador	Identificar riscos previsíveis na época do projeto e providenciar os estudos técnicos requeridos; Alimentar os diferentes projetistas com as informações necessárias.
Construtor	Elaborar o manual de operação, uso e manutenção (contendo prazos de garantia);
Usuário	Realizar a manutenção conforme o manual de operação, uso e manutenção.

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013)⁸

A Norma de Desempenho aumenta as atribuições dos projetista no processo do empreendimento. Para Estabelecer a vida útil projetada (VUP) de cada subsistema e especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho mínimo, os projetistas devem passar a apresentar na documentação de projeto:

- especificações compatíveis com VUP, explicitando as atividades de manutenção consideradas;
- considerações sobre as condições de exposição e uso previstas para cada empreendimento;
- especificações contendo características de desempenho de cada elemento e/ou sistema;
- indicação das simulações e dos ensaios a serem efetuados na fase de projeto.

A AsBEA (2015) comenta que o papel dos projetistas especialistas é fundamental no atendimento à Norma de Desempenho, pois "difícilmente um único profissional reunirá o conhecimento e a especialização, com profundidade necessária, no universo global do projeto". A Associação recomenda uma análise, em fase inicial do empreendimento, para definir as consultorias necessárias, de forma que o projeto

⁸ Elaborado pela autora, baseado em ABNT NBR 15575-1 (2013).

incorpore as soluções propostas pelos especialistas desde o início do processo de projeto.

Apesar da Norma de Desempenho não citar explicitamente as responsabilidades dos projetistas especialistas, acredita-se que estes profissionais devam assumir as mesmas responsabilidades dos demais projetistas.

2.4 INSERÇÃO DA SELEÇÃO TECNOLÓGICA NO PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA

Conforme indicado na síntese sobre o conteúdo de cada produto relativo às diferentes etapas do processo de projeto, de forma ideal, a seleção tecnológica ocorre no início da fase de "Desenvolvimento do Projeto", na Etapa de "Desenvolvimento do Produto", fazendo parte do "Estudo Preliminar". Nesse momento do projeto, deveriam ter sido confirmados os requisitos e exigências para o empreendimento, tornando possível o levantamento das alternativas de tecnologias construtivas que podem ser adotadas.

É necessário distinguir seleção tecnológica da especificação de materiais. A seleção tecnológica é anterior à especificação que é realizada uma vez que a seleção tenha ocorrido.

Retomando a definição de Silva (1996), seleção tecnológica é a escolha de uma tecnologia específica, realizada a partir de um conjunto de alternativas, que atende às necessidades de todos os envolvidos. Já a especificação consiste no conjunto de informações que permitem a completa caracterização de um material, produto ou processo, previamente escolhido (fruto da seleção tecnológica), que atenda aos requisitos mínimos de desempenho. Observa-se que a especificação de materiais ocorre em vários momentos do processo de projeto, os níveis de especificação avançam com o desenvolvimento do projeto.

No entanto, a realidade da produção de projetos de edifícios no Brasil ainda não considera um universo de alternativas possíveis para realizar a seleção tecnológica. Ao longo de quase dez anos de experiência da autora no desenvolvimento de projeto de arquitetura, tem-se observado que a inexistência de instrumentos adequados para seleção (que façam parte dos processos internos dos escritórios de projeto) e as dificuldades de obter informações e acompanhar o surgimento de produtos no mercado fazem com que projetistas continuem adotando as mesmas

soluções. Portanto, pode-se dizer que sempre há especificação de materiais, produtos ou processos construtivos, mas nem sempre há seleção tecnológica.

Difícilmente há discussão quanto à definição dos requisitos para o edifício e suas partes nas fases iniciais do processo de projeto. Porém, alguns autores (LEUSIN, 1995; VANNUCHI, 1995 apud SILVA, 1996) defendem que parte das decisões pode ser tomada concomitante à execução da obra, com a participação dos projetistas nesta etapa. A transferência da especificação de materiais, componentes e elementos para etapas posteriores do processo do empreendimento possibilita o compartilhamento das decisões entre projetistas, construtores e fabricantes. Este poderia ser um caminho, se houvesse coordenação modular dos componentes e elementos construtivos e se o projeto fosse modular. Porém, a realidade é que a especificação tardia provavelmente resultará em revisões que poderão impactar significativamente no projeto. Outra alternativa para permitir a integração dos diversos agentes nas tomadas de decisão é a adoção do conceito de Projeto Simultâneo (FABRÍCIO, 2002):

O desenvolvimento integrado das diferentes dimensões do empreendimento, envolvendo a formulação conjunta da operação imobiliária, do programa de necessidades, da concepção arquitetônica e tecnológica do edifício e do projeto para produção, realizado por meio da colaboração entre o agente promotor, a construtora e os projetistas, considerando as funções subempreiteiros e fornecedores de materiais, de forma a orientar o projeto à qualidade ao longo do ciclo de produção e uso do empreendimento. (FABRÍCIO, 2002, p. 204)

A atividade de seleção tecnológica também deveria considerar as interfaces entre subsistemas do edifício. Por exemplo, a seleção tecnológica do subsistema estrutura não poderia ser feita sem considerar a seleção das vedações verticais e dos sistemas prediais. Porém, na prática corrente da produção de projetos, define-se o subsistema estrutura independentemente dos demais subsistemas e as vedações serão pensadas após o desenvolvimento do projeto estrutural, desprezando, entre outros aspectos, a coordenação modular e sua interferência com os demais subsistemas, particularmente as instalações prediais.

2.5 FATORES CONDICIONANTES DA SELEÇÃO TECNOLÓGICA

O processo de elaboração do projeto de arquitetura está sujeito a fatores condicionantes que repercutem sobre a seleção tecnológica.

A seguir, são relacionados os principais fatores condicionantes da seleção tecnológica, primeiro, em uma abordagem geral, depois, em uma abordagem específica para vedações verticais externas e estrutura metálica.

Há 20 anos, Silva (1996) relacionou, de forma abrangente, os fatores condicionantes para a elaboração do projeto e planejamento do empreendimento. Desde então, alguns fatores sofreram alterações, que foram consideradas a seguir:

- natureza e papel do agente promotor do empreendimento (construção para incorporação, promoção pública ou obra sob encomenda⁹);
- origem e fatores condicionantes do emprego dos recursos;
- grau de intervenção dos usuários da edificação no processo de produção;
- limite de custo do edifício (seja em construção para incorporação, com o custo pautado no preço de mercado; em promoção pública, cujo custo define-se pela legislação de licitações e por procedimentos de contratação dos órgãos públicos promotores e financiadores; ou em obra sob encomenda, em que o empreendedor privado tem um limite de investimento);
- forma de organização do processo de projeto: responsabilidades, grau de integração entre os diversos projetistas, forma de contratação dos serviços;
- período de separação entre a fase de projeto e fase de uso da edificação (alguns projetos podem ser elaborados com anos de antecedência em relação à fase de execução. Nesses casos, a seleção tecnológica pode-se mostrar inadequada na época da construção);
- cultura própria da indústria da construção civil no sentido da utilização de sistemas de informações integrados para os vários agentes da cadeia produtiva;
- grau de conhecimento e de utilização de normas técnicas na fabricação de produtos e como instrumento de especificação;
- Norma de Desempenho (ABNT NBR 15575:2013) e Avaliação Técnica, pelo SINAT do PBQP-H, em caso de inovações tecnológicas;
- legislação de licitações e procedimentos dos órgãos públicos promotores e financiadores de obras de edificações para a avaliação de projetos e contratação de serviços de desenvolvimento de projeto e execução de obras;

⁹ "Obra sob encomenda" é um termo proposto por Fabricio (2002) para caracterizar "os empreendimentos nos quais o usuário final é o cliente direto da construtora e dos projetistas, ficando responsável pela montagem do empreendimento e, em alguns casos, pela gerência global da obra e aquisição dos materiais envolvidos" (FABRICIO, 2002, P.262).

- legislação urbana referente às características construtivas das edificações;
- desempenho estético esperado (fator condicionante válido para algumas partes da edificação, como revestimento das vedações verticais externas, mas que, segundo a autora, não deve ser preponderante no processo de seleção tecnológica).

Os fatores condicionantes da seleção tecnológica relacionados por Souza (2003) e Bezelga (1987) coincidem quanto aos custos iniciais, prazos de construção e capacitação tecnológica (ou experiência anterior da empresa) como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Fatores condicionantes da seleção tecnológica por Souza (2003) e Bezelga (1987)

Fator condicionante	Souza (2003)	Bezelga (1987)
eficiência/eficácia do processo por meio da implantação de inovações tecnológicas visando à diferenciação dos produtos	✓	
custos iniciais	✓	✓
prazos de construção	✓	✓
desempenho dos produtos	✓	
níveis de racionalização construtiva	✓	
capacitação tecnológica ou experiência anterior da empresa	✓	✓
imagem da empresa	✓	
problemas patológicos	✓	
custos de manutenção	✓	
qualidade das soluções arquitetônicas		✓
qualidade dos espaços		✓
possibilidade de alteração dos espaços		✓
qualidade formal/estética		✓
qualidade das soluções urbanísticas		✓

Fonte: (SOUZA, 2003; BEZELGA, 1987)¹⁰

A bibliografia consultada aponta o custo da construção como um dos principais fatores condicionantes da seleção tecnológica. Para cada agente envolvido na realização de um edifício, a influência dos custos incorre de maneira distinta. Para o

¹⁰ Elaborado pela autora, baseado em (SOUZA, 2003; BEZELGA, 1987).

projetista de arquitetura, a influência dos custos incorre na busca por uma solução que se enquadre em um programa de necessidades preestabelecido, de modo a ser também uma solução economicamente viável diante dos recursos disponíveis. Pode-se, no entanto, atingir diferentes graus de atendimento de viabilidade econômica e atendimento ao programa de necessidades.

Para o investidor, o valor que orienta sua tomada de decisões é o preço que o comprador está disposto a pagar, no caso de incorporação, ou o limite de investimento do empreendedor, no caso de construção de edifícios para uso próprio. Em tese, a responsabilidade sobre os custos de uso e manutenção da edificação é dos compradores e/ou usuários. Porém, se a tomada de decisão desses compradores considerar os custos de uso e manutenção, o investidor que não os considerar perderá competitividade.

Os usuários avaliam o valor da edificação a partir da sua satisfação com aspectos como conforto, "status" e conveniências diversas que, por sua vez, são dinâmicas. Uma pesquisa realizada pelo CBIC-Sensus (2014) constatou que os fatores *localização, preço, qualidade e informações sobre o imóvel e a construtora* foram determinantes na compra de um imóvel, sendo o primeiro item que mais se destaca em todas as faixas de renda. Verificou-se que as faixas de renda mais baixa são mais sensíveis a preço do que à qualidade.

2.5.1 Estrutura metálica

Teixeira; Starling e Andery (2008) indicam algumas vantagens da adoção de estrutura metálica em edifícios, que podem configurar fatores condicionantes para seleção tecnológica desse tipo de sistema estrutural, a depender do contexto do empreendimento:

- Velocidade de execução da estrutura;
- Possibilidade de redução no cronograma e consequente diminuição de custos diretos e indiretos;
- Flexibilidade de utilização dos espaços (vãos maiores, redução do número de pilares);
- Maior área líquida para a comercialização (vantagem mercadológica);

- Possibilidade de utilização de peças mais esbeltas (vantagem importante para a altura das vigas em edifícios com restrição de pé direito ou quando se deseja a diminuição da altura final da edificação);
- Estrutura mais leve (em relação à estrutura de concreto), aliviando as cargas nas fundações e favorecendo transporte e montagem;
- Possibilidade de desmontagem e montagem da estrutura em outro local;
- Possibilidade de ampliação e reforma da edificação com menor impacto para o usuário;
- Redução da área do canteiro de obras e do espaço para estocagem;
- Diminuição do desperdício.

As barreiras para utilização de estrutura metálica nos edifícios são:

- Custo inicial elevado (se analisado isoladamente);
- Carência de tecnologias construtivas (de vedações, por exemplo) que, em conjunto com a estrutura metálica, propiciem processos mais industrializados;
- Patologias em edifícios construídos com estrutura metálica, em que o detalhamento não solucionou a movimentação da estrutura em relação às demais partes do edifício;
- Necessidade de maior qualificação dos profissionais que trabalham com esta tecnologia;
- Exigência de tratamento para conforto termo-acústico, devido à retirada de massa dos elementos estruturais;
- Necessidade de medidas adicionais de proteção para aumentar o tempo de resistência da estrutura metálica a temperaturas elevadas (em caso de incêndio);
- Resistência à adoção de novas tecnologias;
- Ensino ainda pouco aprofundado e específico sobre sistemas construtivos metálicos nas escolas de formação de arquitetos e engenheiros, levando a uma carência de profissionais especializados no mercado.

Teixeira; Starling e Andery (2008) entrevistaram 25 empresas, da região de Belo Horizonte (MG), com experiência em projetos de arquitetura, projetos estruturais, ou fabricação e montagem de estrutura metálica para edifícios. Segundo os entrevistados, um dos fatores que prejudica a escolha por estrutura metálica é o fato de ainda serem "pouco difundidas" e haver "pouca opção no mercado" para tecnologias construtivas, principalmente, de acabamentos e vedação, que

promovam a industrialização do processo e sejam compatíveis com esse sistema estrutural metálico. Na maioria dos casos, apenas a laje pré-fabricada de concreto ou a laje steel deck são citadas como tecnologias construtivas, que promovem a industrialização do processo, utilizadas junto com a estrutura metálica.

Teixeira; Starling e Andery (2008) defendem que, preferencialmente, o projeto de estrutura metálica seja desenvolvido pelo fabricante da estrutura, a fim de possibilitar a adoção de soluções mais adequadas ao processo produtivo da fábrica e reduzir, assim, o custo da estrutura. Ressaltam que, se a empresa fabricante da estrutura metálica não for responsável pelo projeto estrutural, o projetista deve interagir com o fabricante durante todo o desenvolvimento do projeto, para que este não resulte em soluções inadequadas à rotina da fábrica. Portanto, todos os projetos devem estar orientados à produção da edificação.

Os autores concluem ser imprescindível, para que seja possível atingir o potencial de racionalização das estruturas metálicas: a contratação precoce dos projetistas; a seleção da estrutura metálica ainda nas etapas iniciais do empreendimento; a definição correta e completa dos requisitos de projeto; a inclusão dos requisitos do projeto estrutural no programa de necessidades global do empreendimento.

2.5.2 Vedações verticais externas

Medeiros et al. (2014) elaboraram o *Manual de Construção em Aço - Tecnologias de Vedação e Revestimentos para Fachadas*, com o objetivo de orientar profissionais de arquitetura e técnicos da área de construção a respeito das tecnologias disponíveis para a vedação vertical externa de edifícios. O manual foi publicado pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), buscando estimular a especificação e o projeto de fachadas que utilizem soluções construtivas não tradicionais. Neste material, são discutidas quatro diferentes tecnologias de vedação vertical externa¹¹:

- Estruturas leves de aço (light steel framing);
- Painéis metálicos isolantes;

¹¹ O *Manual de Construção em Aço - Tecnologias de Vedação e Revestimentos para Fachadas* (MEDEIROS et al., 2014) também aborda a tecnologia de revestimento de fachada em sistemas cortina ou ventilado.

- Painéis pré-fabricados de concreto;
- Sistemas de vedação de fachadas com vidro (fachada cortina convencional, pele de vidro, structural glazing, sistema unitizado, spider glass).

Tratam-se de soluções já utilizadas no Brasil, que possuem em comum o fato de serem comercializadas como uma solução construtiva, em que projeto, especificação, materiais e montagem são fornecidos em conjunto, ainda que não necessariamente por uma única empresa.

Segundo Medeiros et al. (2014), os fatores condicionantes para seleção tecnológica de VVE são:

- Prazos reduzidos para execução (agilidade de execução devido a processo de montagem facilitado);
- Redução do custo fixo da obra;
- Restrições logísticas da obra (acesso ao canteiro, área para estocagem);
- Necessidade de baixa densidade de massa;
- Desempenho estético esperado (destaque para sistemas de vedação de fachadas com vidro);
- Desempenho térmico esperado (destaque para painéis metálicos isolantes);
- Fornecimento de elementos de VVE com acabamento final;
- Possibilidade de desmontagem;
- Redução do desperdício devido à racionalização do uso dos materiais;
- Diversidade de alternativas de acabamento.

Os autores compararam, também, a intensidade do impacto no custo final do edifício, devido à adoção de tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedação vertical externa, para cada um dos fatores indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela comparativa do impacto no custo final do edifício, devido à adoção de tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedação vertical externa

FATORES IMPACTANTES NO CUSTO FINAL DOS SISTEMAS DE VEDAÇÃO E REVESTIMENTO		ALVENARIA CONVENCIONAL REVESTIDA ^A	LIGHT STEEL FRAMING ^B	PAINÉIS METÁLICOS ISOLANTES ^C	PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ^D	FACHADA COM VIDRO STICK ^E	FACHADA COM VIDRO UNITIZADO ^F	REVESTIMENTOS VENTILADO E CORTINA		
								PLACAS CERÂMICAS ^G	PAINÉIS DE ACM ^H	PLACAS DE GRANITO ^I
CONSTRUTIBILIDADE	Logística da obra ¹	●●●●●	●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
	Necessidade de equipamento ²	●	●●	●●●	●●●●●	●●●	●●●●	●●	●●	●●
	Nível de pré-montagem ³	●●●●●	●●●●	●	●	●●	●	●●●	●●●	●●●
	Velocidade de montagem ⁴	●●●●●	●●●●	●	●●●	●●●	●●	●●●	●●●	●●●
	Ajustes durante a montagem ⁵	●	●●	●●●●	●●●●	●●●	●●●●●	●●●	●●●	●●●
	Terminalidade ⁶	●●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●	●●	●	●●	●●●
	Necessidade de acabamento final ⁷	●●●●	●●●	●	●●	●	●	●	●	●●
DESEMPENHO	Incremento de desempenho acústico ⁸	●	●●●	●●●	●●	●●●●	●●●●	N.A.	N.A.	N.A.
	Incremento de desempenho térmico ⁹	●	●●	●●	●●●	●●●●●	●●●●●	●●	●●	●●
	Incremento de segurança contra incêndio ¹⁰	●	●●	●●	●	●●●●	●●●●	N.A.	N.A.	N.A.
	Incremento em durabilidade ¹¹	●●	●●●	●●●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	Manutenabilidade ¹²	●●●	●●●	●●	●●	●●●●	●●●●	●	●●●	●●
MERCADO	Cadeia Produtiva ¹³	●	●●●●	●●●	●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●
	Contrato e responsabilidade técnica ¹⁴	●●●●●	●●●●	●	●●	●	●	●●	●●	●●
	Estimativa de preço (R\$/m²) ¹⁶	140,00-180,00	270,00-320,00	160,00-400,00	360,00-500,00	700,00-1900,00	900,00-2200,00	360,00-700,00	250,00-350,00	300,00-500,00

Legenda: ●●●: Impacto financeiro médio;
 ● Impacto financeiro muito abaixo da média; ●●●●: Impacto financeiro acima da média;
 ●● Impacto financeiro abaixo da média; ●●●●●: Impacto financeiro muito acima da média.

Fonte: Medeiros et al. (2014)

3 EXIGÊNCIAS PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS

Neste capítulo são analisadas criteriosas exigências que devem orientar a identificação e avaliação de alternativas para seleção tecnológica de vedações verticais externas, pelo projetista de arquitetura.

Desempenho, sustentabilidade e construtibilidade são os parâmetros identificados para organizar os critérios de seleção tecnológica. De Paula, Uechi e Melhado (2013) afirmam que desempenho e sustentabilidade ambiental de edifícios são assuntos em evidência no subsetor Edificações. Franco e Agopyan (1993) ressaltam que, dentre os princípios empregados para o desenvolvimento dos projetos, a construtibilidade é a que fundamenta grande parte das medidas de racionalização do processo construtivo.

3.1 DESEMPENHO

Na década de 70, época de crescimento na economia brasileira, houve estímulo à racionalização e industrialização da construção. Ao mesmo tempo em que surgiam novos sistemas construtivos, percebia-se a escassez de instrumentos de avaliação das novas tecnologias que considerassem seu comportamento ao longo da sua vida útil, pois a normalização brasileira estava voltada ao estabelecimento de normas prescritivas. Embora questões relativas ao conceito de desempenho tenham sido abordadas pelo professor Teodoro Rosso na década de 70, sua aplicação prática deu-se no desenvolvimento da normalização de componentes utilizados na construção de habitações e no estabelecimento de diretrizes para a avaliação de desempenho de soluções inovadoras para habitações térreas unifamiliares, elaborados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo para o Banco Nacional da Habitação (BNH) (*anotações de aula*)¹².

Desempenho significa comportamento em uso de uma edificação e de seus subsistemas. O desempenho de uma edificação depende das suas condições de exposição, que correspondem ao conjunto de ações atuantes sobre ela, incluindo

¹² Informações de aulas sobre o "Histórico de desempenho no Brasil", para a disciplina PCC5962 - Construção Baseada em Desempenho, ministrada pela Professora Mercia Maria Semensato Bottura de Barros - Programa de Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil - EPUSP (2013).

cargas gravitacionais, ações externas e ações resultantes da ocupação (ABNT NBR 15.575, 2013).

Normas de desempenho diferem de normas prescritivas, pois definem as propriedades necessárias aos diversos elementos da construção independentemente da forma do edifício ou de materiais e componentes constituintes. Trata-se de um avanço para a concepção do edifício, introduzindo a possibilidade de emprego de novos materiais e componentes, novos processos construtivos e novas concepções de projeto, já que a aplicação do conceito de desempenho implica em definir: quais as condições a serem satisfeitas pelo produto, tanto em nível qualitativo (requisitos) como quantitativo (critérios), quando submetido a condições normais de uso; e quais os métodos para que se possa avaliar se o produto satisfaz às condições estabelecidas (Figura 6).

Figura 6 - Esquema da estrutura da Norma de Desempenho

Fonte: Asbea (2015).

Desde 2013, está em vigor no Brasil a Norma de Desempenho - ABNT NBR 15.575: 2013, que visa atender às exigências dos usuários para o edifício habitacional e suas partes. A Parte 4 desta norma trata dos requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas.

A Norma de Desempenho - ABNT NBR 15.575: 2013 menciona 232 outras normas brasileiras e internacionais (ASBEA, 2015). Os fatores relacionados a cada uma das exigências dos usuários para segurança, habitabilidade e sustentabilidade utilizados como referência para o estabelecimento dos requisitos e critérios, são:

- Segurança
 - Segurança estrutural
 - Segurança contra o fogo
 - Segurança no uso e na operação
- Habitabilidade
 - Estanqueidade
 - Desempenho térmico
 - Desempenho acústico
 - Desempenho lumínico
 - Saúde, higiene e qualidade do ar
 - Funcionalidade e acessibilidade
 - Conforto tátil e antropodinâmico
- Sustentabilidade
 - Durabilidade
 - Manutenibilidade
 - Impacto ambiental

A Norma de Desempenho, apesar de ter sido criada com foco em edifícios habitacionais, será utilizada como referência para as discussões acerca do desempenho das tecnologias de VVE apresentadas neste trabalho (que não restringe o tipo de edifício), porque os requisitos ali propostos podem servir como balizadores para o desenvolvimento dos projetos quando outros parâmetros não estiverem disponíveis. Entende-se, portanto, que partes da Norma de Desempenho podem ser utilizadas como referência para outros tipos de edifício, contanto que sejam selecionados os critérios pertinentes à edificação que está sendo projetada e sejam consideradas as necessidades apresentadas pelo cliente.

A ABNT NBR 15.575: 2013 altera a prática de projetistas, que deverão conhecer os requisitos de desempenho, a fim de garantir seu atendimento nas especificações de materiais, produtos e processos. Outra alteração importante nas atribuições do projetista, após a Norma de Desempenho, é o estabelecimento da Vida Útil de Projeto (VUP) de cada subsistema, tema aprofundado a seguir.

3.1.1 Vida Útil de Projeto (VUP)

Segundo a ABNT NBR 15.575: 2013 - Parte 1, Vida Útil de Projeto (VUP) é o período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos pela referida norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

A VUP é estabelecida previamente, e em comum acordo, pelo incorporador e/ou proprietário e projetista de arquitetura, orientando todo o processo do empreendimento. Ou seja, segundo a Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575-1: 2013), no Anexo C da Parte 1, a definição da VUP é realizada pelo projetista de arquitetura e especificada para todos os subsistemas do edifício (Tabela 01). Porém, deve-se esclarecer que o arquiteto especifica a VUP requerida pelo incorporador e/ou proprietário e cabe aos projetistas de estrutura, instalações prediais, assim como aos projetistas especialistas, a consideração em projeto dessa VUP estabelecida. Todos os intervenientes do processo devem adotar técnicas adequadas para que a vida útil atingida seja igual ou superior à VUP.

O estabelecimento da VUP deve evitar que sejam empregados produtos de menor custo inicial, porém, menos duráveis, de maior custo de manutenção e, provavelmente, de maior custo global.

O impacto no custo global é fator determinante para definição da durabilidade requerida, ou seja, incorporador e/ou proprietário e projetista devem buscar a melhor relação custo-benefício no estabelecimento da VUP. A ABNT NBR 15575:2013 propõe uma classificação de VUP em dois níveis: mínimo e superior.

A ABNT NBR 15.575: 2013 - Parte 1 recomenda que a vedação vertical externa de edifícios habitacionais de padrão mínimo tenha uma VUP de pelo menos 40 anos; em edifícios classificados como de padrão superior, a VUP mínima é de 60 anos (Tabela 2).

Tabela 2 - Vida Útil de Projeto (VUP) mínima e superior

Sistema	VUP anos	
	Mínimo	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30

Fonte: (ABNT NBR 15.575-1, 2013)

A ABNT NBR 15.575: 2013 - Parte 1 também define a VUP para as partes da edificação relacionadas às fachadas (Tabela 3). Cabe lembrar que as condições de habitabilidade que uma vedação vertical externa pode proporcionar ao ambiente estão diretamente relacionadas com o desempenho do conjunto das partes que constituem este subsistema.

Tabela 3 - VUP's para as partes da edificação relacionadas às fachadas

Parte da edificação	Exemplo	VUP (anos)	
		Mínimo	Máximo
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas cortinas	≥40	≥60
Revestimento de fachada	Revestimento, molduras, componentes decorativos, cobre muros	≥20	≥30
Revestimento interno	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos, assoalhos e sintéticos	≥13	≥30
Pintura	Pinturas internas; papel de parede	≥3	≥4
	Pinturas de fachadas, pinturas revestimentos sintéticos texturizados	≥8	≥12
Esquadrias externas	Janelas (componentes fixo e móveis), portas-balcão, gradis, grades de proteção, cobogós, brises. Incluso complementos de acabamento como peitoris, soleiras, pingadeiras e ferragens de manobra e fechamento	≥20	≥30

Fonte: (ABNT NBR 15.575-1, 2013)

Para que a VUP seja atingida, é recomendado que os seguintes aspectos sejam atendidos (ABNT, 2013):

- emprego de componentes e materiais de qualidade compatível com a VUP;
- execução com técnicas e métodos que possibilitem a obtenção da VUP;
- cumprimento em sua totalidade dos programas de manutenção corretiva e preventiva;

- atendimento aos cuidados preestabelecidos para se fazer uso correto do edifício;
- utilização do edifício em concordância ao que foi previsto em projeto.

3.1.2 Exigências da Norma de Desempenho

Resumidamente, os requisitos de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 15.575: 2013 - Parte 4 para as vedações verticais são:

- Estabilidade e resistência estrutural das vedações, com deslocamentos, fissuração e descolamentos limitados;
- Capacidade de suporte das vedações para cargas suspensas nas fachadas;
- Resistência a impactos provenientes de fechamentos bruscos de portas e janelas ou a impactos acidentais de pessoas e objetos;
- Resistência a esforços sobre parapeitos e guarda-corpos;
- Estanqueidade à água de chuva;
- Propriedades térmicas adequadas para o ambiente interno, permitindo a ventilação dos ambientes, quando desejada;
- Controle da entrada de luz em determinados ambientes;
- Atenuação de ruídos externos aos ambientes;
- Manutenção da capacidade funcional e das características estéticas, compatíveis com o envelhecimento dos materiais, desde que submetidos às intervenções periódicas de manutenção especificadas pelos projetistas e fabricantes.

Após a Norma de Desempenho entrar em vigor no Brasil, foram elaborados alguns materiais para auxiliar os profissionais no atendimento às exigências da norma. Destaca-se aqui o *Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho* (ASBEA, 2015). O guia foi estruturado a partir dos requisitos da Norma de Desempenho, mantendo a mesma numeração para facilitar a localização, e contém ações a serem tomadas pelo arquiteto enquanto projetista ou coordenador do projeto. O guia também indica, para determinado requisito, em que momento do processo de projeto ele passa a ser considerado e é acompanhado até o término dos trabalhos (conforme células pintadas de azul da Figura 7); e quais disciplinas de projeto devem estar envolvidas para seu atendimento (conforme células pintadas de laranja da Figura 7).

Figura 7 - Estrutura do Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho

ITEM DA NORMA	TEMAS	DESCRIÇÃO	AÇÕES
12	DESEMPENHO ACÚSTICO		
1. Isolação acústica de paredes externas (12.2.1 - Parte 1)		Desempenho acústico das vedações externas: Atender limites mínimos da NBR 15575-4 e NBR 15575-5.	<p>Arquiteto: Solicitar medição de nível de ruído no local e no entorno imediato para orientar o enquadramento na classe de ruído. Os sistemas devem prever atenuações conforme a tabela 17, das partes 4 e Tabela 6 da parte 5. Especificar a realização de ensaios para liberar a execução.</p> <p>Coordenação: Recomendar a contratação de consultoria específica para garantir o atendimento conforme NBR 15575-3 e NBR 15575-4.</p> <p>Ensaio: ISO 140-5.</p>

ITEM DA NORMA	TEMAS
12	DESEMPENHO ACÚSTICO
1. Isolação acústica de paredes externas (12.2.1 - Parte 1)

AÇÕES
<p>Arquiteto: Solicitar medição de nível de ruído no local e no entorno imediato para orientar o enquadramento na classe de ruído. Os sistemas devem prever atenuações conforme a tabela 17, das partes 4 e Tabela 6 da parte 5. Especificar a realização de ensaios para liberar a execução.</p> <p>Coordenação: Recomendar a contratação de consultoria específica para garantir o atendimento conforme NBR 15575-3 e NBR 15575-4.</p> <p>Ensaio: ISO 140-5.</p>

EP - Estudo Preliminar
AP - Ante Projeto
PB - Projeto Básico
PE - Projeto Executivo

AQ - Arquitetura
ST - Estrutura
IT - Instalações
CS - Consultorias

Fonte: (ASBEA, 2015).

No Quadro 6, realiza-se uma síntese dos requisitos da ABNT NBR 15.575: 2013, para vedações verticais externas, evidenciando-se as premissas de projeto a serem consideradas por arquitetos. Os requisitos relacionados restringem-se àqueles referentes às vedações verticais externas sem função estrutural¹³, de edifícios de múltiplos pavimentos. O *Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho* (ASBEA, 2015) foi utilizado para identificar a necessidade de contratação de consultoria específica e complementar às ações necessárias aos projetistas de arquitetura para atendimento a determinado requisito da norma.

¹³ Este trabalho trata das vedações verticais externas sem função estrutural, ou seja, que não fazem parte da estrutura principal do edifício. Entretanto, tais vedações devem ser dimensionadas para resistir aos esforços resultantes da ação do vento, de cargas acidentais e de seu peso próprio, transmitindo-as à estrutura.

Quadro 6 - Requisitos da ABNT NBR 15.575: 2013 para vedações verticais externas com premissas de projeto para arquitetos

	Requisito	Critério	Premissas de projeto
7 Desempenho estrutural	7.2 Requisito – Deslocamentos, fissuração e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais externas	7.2.1 Critério – Limitação de deslocamentos, fissuração e descolamentos	7.2.1.2 Premissas de projeto - mencionar a função estrutural ou não das vedações verticais ou externas (Autora): Especificação deve considerar as combinações de carregamentos e atender os limites de deslocamentos indicados na Tabela 1 (ABNT NBR 15575-4, 2013), sem apresentar falhas que caracterizem o estado limite de serviço.
	7.3 Requisito – Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações externas	7.3.1 Critério – Capacidade de suporte para as peças suspensas	7.3.1.2 Premissas de projeto - indicar as cargas de uso; indicar os dispositivos e sistemas de fixação, incluindo detalhes típicos; indicar os locais permitidos para fixação de peças suspensas; mencionar recomendações e limitações de uso.
	7.4 Requisito – Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural	7.4.1 Critério – Resistência a impactos de corpo mole	7.4.1.2 Premissas de projeto para revestimento interno das vedações verticais externas multicamadas - explicitar que o revestimento interno da parede de fachada multicamada não é integrante da estrutura da parede, nem considerado no contraventamento, quando for o caso.
	7.6 Requisito – Ações transmitidas por portas	7.6.1 Critério – (Resistência a) Ações transmitidas por portas externas	(Autora) Solicitar "Ensaio de fechamento brusco da porta" conforme ABNT NBR 15930-2 e indicar a não ocorrência de falhas após submeter a porta a dez operações do ensaio. Indicar que não deve ocorrer não deve ocorrer arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede, quando sujeita a um impacto de corpo mole com energia de 240 J.
	7.7 Requisito – Impacto de corpo duro incidente em vedações verticais externas sem função estrutural	7.7.1 Critério – Resistência a impactos de corpo duro	(Autora) Solicitar "Ensaio de verificação da resistência a impactos de corpo duro" conforme ABNT NBR 9442 e indicar a não ocorrência de falhas e ruína para os valores de energia de impacto de corpo duro estabelecidos nas tabelas 7 e 8 da ABNT NBR 15575-4:2013.
	7.8 Requisito – Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas	7.8.1 Critério – (Resistência a) Ações estáticas horizontais, estáticas verticais e de impactos incidentes em guarda-corpos e parapeitos	7.8.1.2 Premissas de projeto - estabelecer os detalhes executivos e as cargas de uso previstas para casos especiais; atender às dimensões estabelecidas na ABNT NBR 14718, no caso de guarda-corpos. (*)

Continua

Continuação

	Requisito	Critério	Premissas de projeto
8 Segurança contra incêndio	8.2 Requisito – Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada	8.2.1 Critério - Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos	Especificar materiais classificados conforme tabela 9 e 10 da ABNT NBR 15575:2013 - Parte 4; mencionar ensaios para a sua comprovação (ASBEA, 2015).
	8.3 Requisito - Dificultar a propagação do incêndio	8.3.1 Critério - Avaliação da reação ao fogo da face externa das vedações verticais que compõem a fachada	(Autora) Solicitar "Ensaio de reação ao fogo" conforme ABNT NBR 9442 e indicar que as superfícies externa das VVE deve apresentar classificação I ou II B (Tabela 9 e 10 da ABNT NBR 15575-4:2013).
	8.4 Requisito - Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação	8.4.1 Critério - Resistência ao fogo de elementos estruturais e de compartimentação	Considerar o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF), conforme a ABNT NBR 14432, considerando a altura da edificação.
10 Estanqueidade	10.1 Requisito – Infiltração de água nos sistemas de vedações verticais externas (fachadas)	10.1.1 Critério – Estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)	10.1.1.2 Premissas de projeto - indicar detalhes construtivos para interfaces e juntas entre componentes; contemplar obras de proteção no entorno da construção (evitar o acúmulo de água nas bases da fachada da edificação). (ASBEA, 2015): detalhar elementos para dissipação ou afastamento do fluxo de água das superfícies de fachada; mencionar a necessidade de realização de ensaios de estanqueidade das fachadas, considerando a classificação do empreendimento em relação à exposição ao vento. (Autora): Projetar detalhes, como: ressaltos, molduras, peitoris e pingadeiras; e projetar as juntas adequadamente, de forma a evitar a formação de fissuras, ou qualquer fresta que poderá ser um caminho preferencial para a ação da água.
	10.2 Requisito – Umidade nas vedações verticais externas decorrente da ocupação do imóvel	10.2.1 Critério – Estanqueidade de vedações verticais externas com incidência direta de água – Áreas molhadas	10.2.1.2 Premissas de projeto - elaborar detalhes construtivos dos pontos de interface do sistema de VVE.
		10.2.2 Critério – Estanqueidade de vedações verticais externas em contato com áreas molháveis	10.2.2.2 Premissas de projeto - elaborar detalhes construtivos dos pontos de interface do sistema de VVE.

	Requisito	Critério	Premissas de projeto
11 Desempenho térmico	11.2 Requisito – Adequação de paredes externas	11.2.1 Critério – Transmitância térmica de paredes externas	Especificar tecnologias com transmitância térmica (U) inferior ao valor estipulado para zona bioclimática do local do empreendimento. (*)
		11.2.2 Critério – Capacidade térmica de paredes externas	Especificar tecnologias com capacidade térmica (CT) superior ao valor estipulado para zona bioclimática do local do empreendimento. (*)
	11.3 Requisito – Aberturas para ventilação	11.3.1 Critério - Aberturas para ventilação em ambientes de permanência prolongada	Prever aberturas para ventilação nos ambientes de permanência prolongada com áreas que atendam à legislação específica do local do empreendimento (Códigos de Obras, Códigos Sanitários) ou conforme tabela 15 da ABNT NBR 15575:2013 - Parte 4. (*)
12 Desempenho acústico	12.3 Requisito – Níveis de ruído admitidos na habitação	12.3.1 Critério – Diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação externa (fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada, nos edifícios multipiso), verificada em ensaio de campo	Prever atenuações conforme a tabela 17 da ABNT NBR 15575:2013 - Parte 4; especificar a realização de ensaios para liberar a execução (ASBEA, 2015). (*)
13 Desempenho luminoso (ABNT NBR 15575:2013 - Parte 1)	13.2 Requisito - Iluminação natural	13.2.1 Critério – Simulação: Níveis mínimos de iluminância natural	Prever adequada disposição dos cômodos (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidade e cores dos elementos (paredes, tetos, pisos etc), inserção de poços de ventilação / iluminação, eventual introdução de domus de iluminação, etc. (*)
		13.2.3 Critério – Medição in loco: Fator de Luz Diurna (FLD)	
		13.2.6 Critério – Comunicação com o exterior	Prever, em ambientes de permanência prolongada (salas de estar e dormitórios), vãos de porta ou de janela - peitoril de 1,0m e testeira de 2,2m.

	Requisito	Critério	Premissas de projeto
14 Durabilidade e manutenibilidade	14.1 Requisito - Exposição ao calor e resfriamento de paredes externas (paredes externas - SVVE)	14.1.1 Critério – ação de calor e choque térmico	(Autora) Solicitar "Ensaio de verificação do comportamento do SVVE exposto à ação de calor e choque térmico" e indicar valores limites para deslocamento e não ocorrência de falhas.
	14.2 Requisito – Vida útil de projeto dos sistemas de vedações verticais externas	14.2.1 Critério – Vida útil de projeto	14.2.1.2 Premissas de projeto - mencionar o prazo de substituição e manutenções periódicas para os componentes que apresentem vida útil de projeto menor do que aquelas estabelecidas para as vedações externas.
	14.3 Requisito – Manutenibilidade dos sistemas de vedações verticais externas	14.3.1 Critério – Manual de operação, uso e manutenção dos sistemas de vedação vertical	14.3.1.2 Premissas de projeto - fabricante do produto, construtor, incorporador público ou privado, isolada ou solidariamente: especificar em projeto todas as condições de uso, operação e manutenção dos sistemas de vedações verticais externas.

(*) AsBEA (2015) recomenda contratação de consultoria específica

Fonte: (ABNT NBR 15.575, 2013; ASBEA, 2015)¹⁴

¹⁴ Elaborado pela autora, baseado em (ABNT NBR 15.575, 2013; ASBEA, 2015).

3.1.3 Mudanças no processo de projeto para atendimento às exigências de desempenho das vedações verticais externas

Oliveira e Mitidieri (2012) analisaram como o desempenho é considerado no processo de projeto e quais são as modificações necessárias nesse processo para que as vedações verticais dos edifícios habitacionais sejam projetadas com enfoque em desempenho e atendam a exigências constantes da norma ABNT NBR 15.575: 2013.

Segundo os autores, o desenvolvimento dos projetos deve passar a ser iniciado pela definição do desempenho que se espera para o produto edifício e seus subsistemas e, posteriormente, definem-se as tecnologias construtivas a serem adotadas. Assim, os requisitos de desempenho devem ser considerados desde a fase de concepção, nas definições das exigências do programa de necessidades.

Porém, nos casos estudados (empreendimentos destinados à habitação de interesse social), os autores verificaram que a consideração de requisitos e critérios de desempenho em projeto ainda não é uma prática rotineira, assim como os métodos de avaliação que comprovem o atendimento das exigências definidas, com exceção daquelas relativas ao desempenho estrutural. Os resultados do estudo reforçam a necessidade de que mudanças sejam incorporadas às práticas atuais de desenvolvimento de projetos. Uma síntese com sugestões a serem incorporadas nas práticas de projetos das vedações verticais são indicadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Sugestões a serem incorporadas nas práticas de projetos de vedações verticais

Sugestões de práticas de projetos de vedações verticais
Agentes do processo de produção do edifício precisam conhecer os requisitos e os critérios de desempenho .
Antes da definição da tecnologia construtiva, levantar quais requisitos deverão ser atendidos pelo empreendimento e quais tecnologias construtivas disponíveis apresentam potencial para atender a esses requisitos. Realizar a seleção tecnológica com equipe multidisciplinar (incluindo projetistas especialistas, fornecedores e construtores).
Para tecnologias de vedações verticais consideradas inovadoras , identificar quais possuem avaliação técnica para obtenção de parâmetros de desempenho.
Para tecnologias tradicionais , formar banco de dados com parâmetros de desempenho e recomendações para solução de interfaces.
Considerar critérios de desempenho (parâmetros quantitativos) já na fase de Anteprojeto .
Registrar as exigências de desempenho para o empreendimento na documentação de

projeto, incluindo os responsáveis e a forma de comprovação para seu atendimento (essa documentação deve ser utilizada na contratação de fornecedores).

Fornecedor da tecnologia de vedações verticais deverá apresentar, além dos parâmetros de desempenho, o detalhamento do projeto, soluções de interfaces, restrições ou limitações de uso do produto, procedimento de execução e outras informações que influenciem seu comportamento em uso.

Fonte: (OLIVEIRA; MITIDIARI FILHO, 2012)

3.2 SUSTENTABILIDADE

Sustentabilidade pode ser definida como o atendimento das necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987). O desenvolvimento sustentável, tal como é difundido, baseia-se no tripé ambiental, social e econômico (Figura 8). Atualmente, outras dimensões têm sido incorporadas ao conceito de sustentabilidade, como a dimensão cultural, baseada no respeito à identidade local.

Figura 8 - Dimensões da sustentabilidade

Fonte: (UNEP, 2007)

Em todas as fases do ciclo de vida dos edifícios - construção, operação ou demolição - há impactos sociais, econômicos e ambientais significativos. Segundo o

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS)¹⁵, os impactos da construção civil no Brasil são revelados nos seguintes dados:

- É responsável por 75% dos recursos naturais extraídos no país;
- A operação de edifícios no Brasil é responsável por cerca de 18% do consumo total de energia do país e por cerca de 50% do consumo de energia elétrica;
- Os edifícios brasileiros gastam 21% da água consumida no país;
- Gera resíduos na ordem de 450 kg/hab.ano ou cerca de 80 milhões de toneladas por ano (construção e demolição);
- Estima-se que a construção gere entre 20% e 25% do total de resíduos da indústria brasileira (CBIC, 2011).

Todo este impacto transforma a indústria da construção civil no maior consumidor de recursos do planeta, sendo muitos destes não renováveis (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Portanto, é necessário reavaliar as tecnologias para produção de edifícios do ponto de vista ambiental, visando à redução do impacto da extração de matérias primas, do consumo energético e da emissão de gases do efeito estufa.

3.2.1 Desmaterialização

O conceito de desmaterialização contribui para mitigação dos impactos ambientais, já que consiste na redução da massa dos materiais de construção. Outra forma de desmaterializar é aumentar a durabilidade de produtos e soluções, ou seja, projetar para uma vida útil maior, com espaços que admitam ampliações e reformas futuras, evitando a demolição do edifício que, apesar de apresentar integridade estrutural, torna-se obsoleto em função de seus espaços pouco flexíveis (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Tratando do subsistema de vedações externas, apesar da alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto representar uma tradição construtiva consolidada, a desmaterialização é um dos fatores que impulsionam o desenvolvimento de

¹⁵ O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) é uma OSCIP, Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, de âmbito nacional, criada em 2007. Trata-se de uma entidade de representação neutra, formada por membros da academia, fabricantes, construtoras, projetistas, representantes de governo, associações e entidades de diferentes segmentos da construção civil brasileira. Seu objetivo é contribuir para a geração e difusão de conhecimento e de boas práticas de sustentabilidade na construção civil. O conteúdo utilizado neste trabalho foi consultado no site www.cbcs.org.br, acessado em maio de 2015.

alternativas para a produção das vedações, relacionadas à redução do impacto ambiental.

A utilização de vedações com menor densidade que a alvenaria proporciona redução da massa, reduzindo a demanda por agregados e aglomerantes, além de reduzir a carga exercida sobre estrutura e fundações, o que possibilita otimizar seu dimensionamento. Porém, a escolha da vedação vertical externa não deve restringir-se à busca por redução de massa, mas, entre outros, deve considerar o atendimento aos requisitos de desempenho térmico, para garantia do conforto no ambiente interno da edificação, conforme o clima local. A redução da massa também proporcionará menor quantidade de resíduos após o tempo de vida útil do edifício (FONTENELLE, 2012) e os materiais empregados devem ser recicláveis e não agressivos ao meio ambiente.

Fontenelle (2012) comparou a massa por metro quadrado de paredes de vedação produzidas com a tecnologia de *steel frame* e painéis leves (Tabela 4), com a tecnologia de alvenaria de blocos de concreto (Tabela 5). O autor verificou redução de 77% da massa empregada na vedação com placas cimentícias em relação à vedação de blocos de concreto. Esta proporção torna a tecnologia de *steel frame* e painéis leves uma potencial alternativa para produção de edifícios com menor impacto ambiental, devido ao seu menor consumo de material. Porém, para avaliar se, de fato, o impacto ambiental da tecnologia é menor, também é necessária uma avaliação do consumo de energia durante a fabricação dos componentes, como perfis metálicos.

Tabela 4 - Massa por metro quadrado de vedação com estrutura de *steel frame*

componente	especificação	consumo/m ²	Massa específica	Massa por metro quadrado de vedação
Placa cimentícia	12mm de espessura	0,012 m ³	1700 kg/m ³	20,4 kg/m ²
Steel Frame	Perfil "Ue" 100x40x17x1,2	2,5 m	1,94 kg/m	4,85 kg/m ²
	Perfil "U" 100x40x1,2	0,83 m	1,66kg/m	1,38 kg/m ²
Isolante térmico	Painel 100mm	0,1 m ³	32 kg/m ³	3,2 kg/m ²
Gesso Acartonado	Placa standard ST	0,125 m ³	960 kg/m ³	12,0 kg/m ²
total				41,83 kg/m ²

Fonte: (FONTENELLE, 2012).

Tabela 5 - Massa por metro quadrado de vedação com alvenaria de blocos de concreto

componente	especificação	consumo/m ²	Massa unitária ou massa específica	Massa por metro quadrado de vedação
vedação	Bloco concreto 14x19x39cm	12,5 und/m ²	10,8 kg/und	135 kg/m ²
	Argamassa de assentamento	1,26 dm ³ /m ²	1690 kg/m ³	2,1 kg/m ²
Revestimento externo	Emboço de argamassa	0,02 m ³ /m ²	1690 kg/m ³	33,8 kg/m ²
Revestimento interno	Gesso sobre bloco	0,01 m ³ /m ²	1000 kg/m ³	10,0 kg/m ²
total				180,9 kg/m ²

Fonte: (FONTENELLE, 2012).

Assim como as vedações com estrutura de *steel frame*, a utilização de outras tecnologias pré-fabricadas pode trazer benefícios para a sustentabilidade. Os benefícios econômicos para a sustentabilidade, a partir do uso de pré-fabricados, estão relacionados ao potencial de obter ganhos de produtividade, com a eliminação do desperdício de trabalho e de materiais. Os benefícios sociais referem-se à segurança e à redução do risco de acidentes para o operário.

Os benefícios ambientais com uso de pré-fabricados devem ser considerados em todo ciclo de vida do edifício. Ao controlar os processos pelos quais os edifícios serão construídos, arquitetos e construtores são capazes de assegurar materiais e práticas de construção mais sustentáveis, além de maior previsibilidade do desempenho energético do edifício durante a fase de operação.

Em geral, a escolha pela pré-fabricação deve-se a um conjunto de fatores econômicos específicos do local do empreendimento, principalmente relacionados aos custos e à disponibilidade de mão de obra (HORMAN et. al., 2005 apud SMITH, 2010). No entanto, aspectos sociais e ambientais, como a facilidade para realizar modificações na edificação ao longo do tempo ou a possibilidade de reciclagem após demolição, também devem compor os fatores para escolha da tecnologia.

3.2.2 Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é um método utilizado na avaliação dos efeitos ambientais de um produto. Na construção civil, uma edificação ou uma parte da edificação pode ser considerada um produto.

A ACV ajuda a identificar em quais fases pode haver melhora de performance, além de ajudar na definição dos indicadores mais relevantes e de um plano de ações efetivo, com estabelecimento de metas que podem ser medidas e monitoradas. É possível analisar desde a aquisição das matérias-primas até a disposição final dos produtos e, assim, verificar quais fases são responsáveis pelos maiores impactos e quais são passíveis de serem atenuadas (CBCS).

As principais metas do conceito de ciclo de vida são reduzir o uso de recursos dos produtos e emissões para o meio ambiente tanto quanto melhorar seus desempenhos sócio-econômicos por meio dos seus ciclos de vida (BESSA, 2010).

A fim de tornar a Avaliação de Ciclo de Vida mais praticável, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) criou uma plataforma de informações com indicadores de sustentabilidade de materiais, produtos e componentes, chamada Avaliação de Ciclo de Vida Modular (ACV-m). A iniciativa visa auxiliar profissionais e consumidores na tomada de decisão, considerando critérios de sustentabilidade. Segundo o CBCS, o projeto ACV-m envolve o levantamento de dados de produção junto aos fabricantes e sua consolidação em uma plataforma de consulta, permitindo a comparação entre produtos e fornecedores. Para isso, o CBCS tem como meta envolver o setor de construção para levantamento dos principais produtos, sob cinco aspectos mínimos:

- Consumo de energia;
- Consumo de água;
- Consumo de matérias-primas;

- Geração de resíduos;
- Emissão de CO₂.

O CBCS explica que a ACV-m é uma versão de escopo reduzido em relação à ACV tradicional, que pode, em muitas situações, ser utilizada como etapa inicial de estudo. "A vantagem da simplificação é tornar a avaliação mais praticável, pois uma ACV completa requer muito tempo para sua realização e pode ocasionar em alto custo" (CBCS).

Um exemplo de contribuição da Análise do Ciclo de Vida pode ser verificada no trabalho de Bessa (2010), que desenvolveu uma metodologia de avaliação das emissões de CO₂ geradas durante o ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritório. A autora analisou três tipos de fachada: *structural glazing*, alvenaria revestida com argamassa e alvenaria revestida com ACM (alumínio composto). O fluxograma com entradas e saídas do ciclo de vida das fachadas, definido pela autora, é mostrado na Figura 9, sendo que a etapa de transporte é analisada para todas as mudanças de estágio.

Figura 9 - Fluxograma do ciclo de vida das fachadas

Fonte: (BESSA, 2010).

Os resultados obtidos por Bessa (2010) mostram que as fachadas que mais emitem CO₂, por área de fachada, são, em ordem decrescente: *structural glazing* com vidro incolor; fachadas vedadas com tijolo cerâmico e revestidas com ACM; *structural*

glazing com vidro refletivo; e fachadas vedadas com alvenaria e revestidas com argamassa (Tabela 6).

Tabela 6 - Emissão de CO₂ por área de fachada

Tipologia de fachada	Emissão de CO ₂ (kg CO ₂ /m ² de fachada)
<i>Structural glazing</i> com vidro incolor	122
<i>Structural glazing</i> com vidro refletivo	97
Vedada com alvenaria de bloco de concreto e revestida com argamassa	81
Vedada com alvenaria de tijolo cerâmico e revestida com argamassa	81
Vedada com alvenaria de tijolo cerâmico e revestida com ACM novo	114
Vedada com alvenaria de tijolo cerâmico e revestida com ACM oxidado	116

Fonte: (BESSA, 2010)

Antes de obter os resultados de emissão de CO₂ no ciclo de vida das fachadas, Bessa (2010) analisou a emissão de CO₂ na fase de uso, quando se faz necessária a verificação do consumo de energia elétrica devido ao sistema de ar condicionado para suprir a demanda de carga térmica de determinado tipo de fachada. Os resultados mostram que as fachadas que mais emitem CO₂, na fase de uso, são, em ordem decrescente: *structural glazing* com vidro incolor (fase de uso contribui com 59% das emissões); *structural glazing* com vidro refletivo (fase de uso contribui com 49% das emissões); fachadas vedadas com alvenaria e revestidas com ACM (fase de uso contribui com 30% das emissões); e fachadas vedadas com alvenaria e revestida com argamassa (fase de uso contribui com 40% das emissões).

Outro aspecto a ser destacado refere-se ao fato da fachada vedada com tijolo cerâmico e revestida com ACM ter um desempenho ambiental, em termos de emissão de CO₂, pior do que as fachadas em *structural glazing* com vidro refletivo, o que pode ser explicado devido à atual importação do ACM, principalmente, proveniente dos EUA e da China. Nestes casos, é necessário considerar as emissões das matrizes energéticas desses países, que são muito mais poluentes do que a da matriz brasileira.

A autora observa que seu estudo apresenta elevado grau de incerteza, pois foram utilizados dados internacionais, uma vez que ainda não há um banco de dados, mas grandes dificuldades para obtenção de informações da indústria brasileira em relação ao consumo de energia e emissões para os materiais.

3.2.3 Estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios

A chamada estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios (*Closed-loop material strategy in buildings*), sugerida por Kibert (2008 apud JAILLON; POON, 2014), converge com o pensamento do ciclo de vida, pois reforça que a construção seja constituída por materiais recuperáveis e reutilizáveis ao final da vida útil, reduzindo, assim, a extração de recursos para realização de novos produtos. A estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios deve garantir (Figura 10):

- Edifícios capazes de serem desconstruídos (*deconstructable*);
- Adoção de produtos desmontáveis;
- Utilização de materiais recicláveis;
- Adoção de produtos e materiais "inofensivos" na fase de produção e utilização do edifício;
- Utilização de materiais "inofensivos" ao término do ciclo de vida do edifício, durante sua reciclagem.

Figura 10 - Estratégia do uso de materiais de ciclo fechado em edifícios

Fonte: Kibert (2005) apud Jaillon; Poon (2014).¹⁶

O uso de elementos pré-fabricados na construção possibilita um controle maior sobre a utilização de materiais recicláveis. Outra vantagem dos pré-fabricados é o

¹⁶ Elaborado pela autora, baseada em Kibert (2005) apud Jaillon; Poon (2014).

controle sobre o uso de materiais tóxicos e prejudiciais à saúde. As ligações entre componentes pré-fabricados podem ser substituídas por fixações mecânicas (por exemplo, adoção de ligações aparafusadas, em vez de soldas; ou emprego de revestimentos fixados por dispositivos, em vez de aderidos / colados). Além de evitar VOC's (compostos orgânicos voláteis), a fixação mecânica permite a substituição dos elementos ao final da vida útil ou quando houver necessidade de reparos.

Dois conceitos estão relacionados ao pensamento do ciclo de vida (JAILLON; POON, 2014): *projetar para desconstruir (Design for deconstruction (DfD))* e *sistemas construtivos industrializados, flexíveis e desmontáveis (Building systems that are industrialised, flexible and demountable (IFD))*.

3.2.3.1 Design for deconstruction (DfD)

Desconstrução (*Deconstruction*) consiste na desmontagem total ou parcial de edifícios para facilitar a reutilização de componentes e reciclagem de materiais. A expressão *Design for deconstruction (DfD)* envolve os princípios de projeto para garantir e facilitar a desconstrução para a reutilização e reciclagem dos componentes do edifício ao final de sua vida útil.

Um caso real em que os princípios de *DfD* foram aplicados, para reutilização do edifício em outro local, é a desconstrução do Escritório Zanettini Arquitetura, em São Paulo.

A edificação em estrutura metálica foi construída em 1987. Foram necessários pouco mais de 20 dias para a montagem dos perfis, que chegaram ao canteiro de obras já com a pintura de acabamento. O edifício era formado por duas grandes treliças laterais contraventadas na horizontal pelas lajes. O arquiteto Zanettini destaca que a modulação adotada no projeto criou a possibilidade de um espaço altamente flexível. O arquiteto também considera esta obra como um laboratório, que permitiu avaliar o desempenho das tecnologias adotadas, utilizando esse conhecimento em projetos futuros. Zanettini cita como exemplo os painéis de fechamento (*Painel Wall*), que não apresentaram patologias com as dilatações e contrações da estrutura.

Figura 11 - Desconstrução do antigo Escritório Zanettini Arquitetura

Fonte: CBCA - Revista Arquitetura & Aço - Edição 30

Após quase 25 anos, foi necessário mudar o endereço do escritório. A adoção dos princípios de *DfD* no projeto permitiram a desmontagem da estrutura metálica em dez dias (Figura 11 e Figura 12). Todos os componentes metálicos foram preservados. Porém, os perfis foram modificados em fábrica para compor o projeto do novo escritório, que precisou adequar-se às exigências legais atuais.

Figura 12 - Desmontagem e armazenamento dos perfis do antigo Escritório Zanettini Arquitetura

Fonte: CBCA - Revista Arquitetura & Aço - Edição 30

3.2.3.2 *Building systems that are industrialised, flexible and demountable (IFD)*

Nos sistemas construtivos *IFD*, flexível refere-se a possíveis mudanças no layout ao longo do tempo (requisitos dos usuários); desmontável refere-se à desmontagem de componentes para manutenção ou reutilização em outro local. A junta-seca é uma condição para configurar sistemas construtivos *IFD*.

Nesses sistemas construtivos, a demolição total ou parcial do edifício pode ser evitada, contribuindo assim para a agenda da sustentabilidade.

Crowther (2002) e Smith (2010) descrevem os princípios e estratégias do *Projeto para Desmontagem*, baseados no conceito de construtibilidade (*Buildability*):

- Minimizar o número de tipos de elementos diferentes - simplifica a classificação dos tipos no local e torna mais atraente a remontagem, devido à maior quantidade dos mesmos itens;
- Adoção de sistemas construtivos "abertos", formado por componentes intercambiáveis - permite alterações no layout do edifício, com alteração de componentes, sem modificações significativas do sistema construtivo.
- Projeto modular - componentes e elementos constituintes do edifício são compatíveis dimensional e funcionalmente;
- Adoção de técnicas de montagem (mão de obra e equipamentos) compatíveis com a prática de construção local - técnicas especializadas dificultam a desmontagem e a reutilização de partes da construção;
- Garantia de acesso a todas as partes do edifício - permite a desmontagem. Quando possível, permitir o acesso por dentro do edifício, sem a necessidade de equipamentos especiais;
- Utilização de elementos construtivos projetados para permitir sua movimentação - possibilita o manuseio de diversas formas nas fases de montagem, desmontagem, transporte, reprocessamento e remontagem;
- Previsão de pontos para movimentação dos elementos - podem ser necessários pontos para içamento durante a fase de desmontagem (Figura 13);
- Previsão de tolerâncias realistas para permitir o movimento dos elementos durante a desmontagem - o processo de desmontagem pode exigir maiores tolerâncias do que o processo de montagem;
- Definição em projeto de juntas e conectores que suportem a repetição de processos de montagem e desmontagem, a fim de minimizar danos e deformações;
- Desmontagem em paralelo, em vez de desmontagem sequencial - os componentes ou elementos do edifício são desmontados sem perturbar outras partes da edificação. Quando não for possível a desmontagem de todas as

partes, deve-se priorizar o acesso daquelas partes da edificação com maior potencial de reutilização;

- Uso de elementos pré-fabricados - a fim de reduzir o trabalho local e permitir maior controle sobre a qualidade do componente ou elemento construtivo. Cabe a ressalva de que processos construtivos que utilizem elementos pré-fabricados possuem mais juntas e conexões e, portanto, mais chances de desalinhamentos e infiltração de água e ar, o que pode prejudicar o desempenho do edifício. O detalhamento de projeto e o acompanhamento da qualidade durante a execução são extremamente importantes;

Figura 13 - Pontos de içamento para movimentação de painel de fachada

Fonte: <http://www.ggrgroup.com/>

- Fornecimento de peças adicionais para serem armazenadas no local - para substituição daquelas danificadas e, especialmente para as peças customizadas, diminui alterações no projeto original do edifício;
- Documentação de todas as informações sobre a produção e montagem do edifício - a fim de assegurar o conhecimento e a preservação do conceito de "projeto para desmontagem", devendo ser fornecidos :projeto "As Built";

desenho esquemático do processo de desmontagem das peças; expectativa de vida útil dos materiais e componentes; e requisitos de manutenção.

Um exemplo de busca por flexibilidade do espaço construído pode ser observado nos empreendimentos de habitação multifamiliar MaxHaus, produzidos pela incorporadora MaxCasa, fundada em 2006.

Os apartamentos típicos de 70m² de um empreendimento MaxHaus são entregues sem compartimentação interna, apenas com a parede hidráulica da cozinha e um banheiro definidos, permitindo a personalização da unidade pelo usuário. As características do projeto podem ser questionáveis, porém, procura-se destacar aqui o conceito de flexibilidade adotado para formatação desse produto (Figura 14).

Figura 14 - Planta do apartamento de um empreendimento MaxHaus

Fonte: (MAXHAUS, 2015)

A MaxCasa destaca, entre os diferenciais de suas unidades, o "produto" MaxLight, que está relacionado às fachadas do edifício. Segundo a incorporadora, "qualquer que seja seu projeto de decoração ou divisão de cômodos, as janelas foram pensadas para se adequar a todos eles" (Figura 15).

Figura 15 - Disposição das janelas em apartamento de um empreendimento MaxHaus

Fonte: (MAXHAUS, 2015)

A incorporadora já adotou, em alguns empreendimentos, a tecnologia de fachada *structural glazing*, o que se pode interpretar como uma inovação, já que dificilmente esta tecnologia é utilizada em edifícios residenciais¹⁷ (Figura 11). As esquadrias das fachadas são formadas por vidros laminados duplos com 1,60m de altura, com estrutura de aço escovado e sem persiana. Se, por um lado, essas esquadrias apresentam melhor conforto acústico, necessário nos locais onde estão implantados muitos dos empreendimentos MaxHaus, e permitem flexibilidade ao layout; por outro lado, não permitem a oclusão, devido à ausência de persianas ou venezianas. (Figura 16).

Figura 16 - Edifício residencial (empreendimento MaxHaus) com tecnologia de fachada *structural glazing*

Fonte: <http://maxhaus.com.br/>

Outro exemplo de aplicação dos princípios de IFD é o produto "Cubin", fruto da parceria entre a L+M, empresa especializada em projetos de espaços de saúde, e a SCA, do setor moveleiro. O "Cubin" é formado por painéis metálicos pré-fabricados e fornecidos com todos os acessórios para serem encaixados na obra. Trata-se de um espaço de saúde que chega pronto para ser utilizado, com revestimentos, sistema elétrico e hidráulico, janelas, piso e acessórios (Figura 17). Para tornar possível a utilização do módulo pré-fabricado, é necessário adotar a coordenação modular no projeto de arquitetura, além de prever em projeto os vãos necessários para instalação.

¹⁷ Os empreendimentos MaxHaus, em geral, estão localizados em áreas centrais, próximos a locais de trabalho e serviços, e está voltado para o mercado de habitação multifamiliar de classe média alta.

Figura 17 - Módulos pré-fabricados de espaços de saúde

Fonte: (L+M GETS, 2015)

O crescente interesse no tema sustentabilidade pode incentivar a indústria da construção a encontrar estratégias para superar as limitações para aplicação de sistemas construtivos *DfD* e *IFD*. No entanto, a utilização de sistemas construtivos *DfD* e *IFD* ainda não é uma prática comum na indústria da construção (JAILLON; POON, 2014).

Porém, a adoção de princípios *DfD* e *IFD* contribuem significativamente para a agenda da sustentabilidade, utilizando recursos de forma eficiente, minimizando as emissões de carbono, reduzindo a necessidade de materiais novos para construção de edifícios e da expansão de espaços para destinação de resíduos. Portanto, é necessário que a indústria da construção vise a um ciclo fechado de materiais em edifícios e promova a reutilização e a reciclagem.

3.2.4 Requisitos de sustentabilidade

Logo no início do processo de projeto de arquitetura, na fase de concepção do edifício e na busca de uma solução formal, deve-se priorizar o desempenho ambiental, econômico e social do empreendimento.

Um projeto que atenda às exigências de sustentabilidade tem início na leitura do contexto no qual o edifício se insere e nas decisões iniciais que compõem o partido arquitetônico.

Deve-se considerar também que edifícios que busquem atender às exigências de sustentabilidade tendem a apresentar custos menores de operação e manutenção, ainda que, no Brasil, muitas vezes resulte em custos diretos mais elevados. O empreendedor e/ou proprietário deve ser conscientizado sobre esta economia, para que se viabilizem os investimentos em medidas para atender às exigências de sustentabilidade.

Godoi (2012) relacionou os requisitos de sustentabilidade e impactos associados para servirem de parâmetro durante a concepção do projeto de arquitetura (Quadro 8). A autora baseou-se em:

- ferramentas de certificação Green Building (LEED, AQUA, Green Star e Selo CASA AZUL) e do Programa Nacional de etiquetagem de edifícios (PROCEL Edifica);
- normas técnicas brasileiras (com destaque para a ABNT NBR 15575:2013);
- leis específicas do município de São Paulo.

Os requisitos de sustentabilidade foram organizados em 8 (oito) categorias:

- Conectividade urbana;
- Áreas verdes e livres;
- Uso racional de água;
- Eficiência energética;
- Materiais de menor impacto ambiental;
- Gestão de resíduos;
- Conforto ambiental;
- Acessibilidade.

Cinco impactos foram avaliados na definição dos requisitos:

- Menor emissão de CO₂;
- Preservação de recursos naturais;
- Melhoria da qualidade urbana;
- Melhoria da saúde e qualidade de vida do usuário final;
- Redução de custos de operação e manutenção.

Quadro 8- Requisitos de sustentabilidade e impactos associados

Categoria	Requisitos de sustentabilidade	Impacto associado				
		Menor emissão de CO ₂	Preservação de recursos naturais	Melhoria da qualidade urbana	Melhoria da saúde e qualidade de vida do usuário final	Redução de custos de operação e manutenção
Conectividade urbana	Previsão de bicicletário para moradores e visitantes					
	Acesso à infraestrutura e a serviços					
	Acesso ao transporte público					
Áreas verdes e livres	Aumento da área verde do terreno					
	Aumento da área permeável do terreno					
	Especificação de um paisagismo sustentável					
Uso racional de água	Especificação de dispositivos economizadores de água					
	Aproveitamento de água de chuva					
	Tratamento e reúso de águas cinzas					
Eficiência energética	Redução de consumo de energia em áreas comuns – iluminação					
	Automação do sistema de iluminação em áreas comuns					
	Redução de consumo de energia em áreas comuns – equipamentos					
	Desligamento automático de equipamentos					
	Medição de energia nas áreas comuns					
	Aquecimento solar de água					
Materiais de menor impacto ambiental	Especificação de materiais de reúso, com conteúdo reciclado ou rapidamente renovável					
	Especificação de materiais regionais					
	Especificação de madeira certificada ou de reflorestamento					
	Especificação de tintas com baixa toxicidade					
Gestão de resíduos	Projetar visando à modulação e ao desmonte					
	Previsão de acesso facilitado às instalações hidráulicas					
	Previsão de infraestrutura para coleta seletiva					
Conforto ambiental	Orientação e sombreamento – conforto térmico					
	Especificação de componentes de fachadas e cobertura – conforto térmico					
	Aproveitamento de ventilação natural – conforto térmico					
	Aproveitamento de iluminação natural – conforto lumínico					
	Especificação de componentes divisórios – conforto acústico					
Acessibilidade	Acessibilidade em áreas comuns					
	Acessibilidade e adaptabilidade em áreas privativas					

Fonte: (GODOI, 2012)

Para as vedações verticais externas, seriam aplicáveis os seguintes requisitos de sustentabilidade e impactos associados (Quadro 9):

Quadro 9 - Requisitos de sustentabilidade e impactos associados relativos às vedações verticais externas (VVE)

Categoria	Requisitos de sustentabilidade	Menor emissão de CO2	Preservação de recursos naturais	Melhoria da qualidade urbana	Melhoria da saúde e qualidade de vida do usuário final	Redução de custos de operação e manutenção
Materiais de menor impacto ambiental	Especificação de materiais de reúso, com conteúdo reciclado ou rapidamente renovável					
	Especificação de materiais regionais					
	Especificação de madeira certificada ou de reflorestamento					
	Especificação de tintas com baixa toxicidade					
Gestão de resíduos	Projetar visando à modulação e ao desmonte					
Conforto ambiental	Orientação e sombreamento – conforto térmico					
	Especificação de componentes de fachadas e cobertura – conforto térmico					
	Aproveitamento de ventilação natural – conforto térmico					
	Aproveitamento de iluminação natural – conforto lumínico					
	Especificação de componentes divisórios – conforto acústico					

Fonte: Adaptado de Godoi (2012)

3.3 CONSTRUTIBILIDADE

Construtibilidade é definida como o "uso otimizado do conhecimento de técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento" (CII, 1987 apud FRANCO; AGOPYAN, 1993). Esta definição destaca, portanto, a importância de trazer o conhecimento de diversas áreas, particularmente do conhecimento sobre a execução das obras, para a fase de projeto, quando se pode obter os maiores benefícios para o empreendimento.

Construtibilidade também é definida como o "campo de ações a partir do qual a concepção do edifício simplifica e facilita as atividades de execução, sujeitando-se a

todos os requisitos do edifício acabado" (CIRIA). Esta definição explicita a responsabilidade do projeto sobre o processo de produção do edifício.

Sabbatini (1989) emprega a construtibilidade para atingir maior racionalidade dos processos construtivos e afirma que é necessária a integração entre projeto e construção, de modo que o projetista de arquitetura utilize dados provenientes das operações construtivas e considere que a solução ótima é a de maior construtibilidade.

Diversos autores já relacionaram princípios de construtibilidade a partir de estudos de caso e é possível constatar semelhanças entre as estratégias propostas, que abrangem questões como condições de acesso ao canteiro, cronograma, nível de capacitação, repetição, tolerância e sequência executiva (CROWTHER, 2002). Os princípios gerais de construtibilidade relacionados por CIRIA (1983 apud CROWTHER, 2002), em estudo sobre a indústria da construção, são:

- Realização de levantamento de necessidades e projeto completos (*Carry out through investigation and design*)
- Planejamento orientado para as necessidades do local da obra;
- Planejamento de sequência exequível de operações, buscando fechamento antecipado (cobertura e vedações externas);
- Planejamento orientado para montagem simplificada e sequência de aquisições lógica;
- Detalhamento orientado para máxima repetição e padronização;
- Detalhamento com tolerâncias atingíveis;
- Especificações orientadas para eficiência da construção.

Após o estudo de CIRIA (1983), Adams (1989 apud CROWTHER, 2002) resume construtibilidade em três princípios:

- Simplificação;
- Padronização;
- Comunicação clara.

Outras pesquisas também produziram estratégias e critérios de construtibilidade. Segundo O'connor et al. (1987 apud FRANCO; AGOPYAN, 1993), no relatório elaborado por Construction Industry Institute (CII), sete conceitos de construtibilidade são identificados:

- Planejamento e programação orientados às necessidades da construção;

- Simplificação dos projetos;
- Padronização (repetição dos elementos de projeto);
- Modulação e pré-montagens;
- Manuseabilidade ou acessibilidade;
- Projeto orientado para construção sob condições ambientais adversas;
- Especificações orientadas para a eficiência da construção.

O Construction Industry Institute (CII), da Austrália, relacionou doze critérios a serem considerados para incrementar a construtibilidade dos empreendimentos (FRANCIS et al., 1999 apud CROWTHER, 2002):

- Integração;
- Conhecimento de construção;
- Competências da equipe;
- Objetivos corporativos;
- Recursos disponíveis;
- Fatores externos;
- Programa; (*Program*)
- Metodologia de construção
- Acessibilidade (ou manuseabilidade);
- Especificações;
- Inovação na construção;
- Retroalimentação (*Feedback*)

A construtibilidade do projeto é percebida como a capacidade de o projeto direcionar e interagir com os sistemas de produção de forma eficiente (FABRÍCIO, 2002). O objetivo da construtibilidade é reconhecer os impactos que as decisões de projeto possam causar na construção (CII). Sabbatini (1989) considera a construtibilidade uma propriedade inerente ao projeto.

A construtibilidade dos edifícios está, em parte, relacionada à introdução de inovações tecnológicas e construtivas que racionalizem a obra ou parte dela. Por outro lado, a construtibilidade está diretamente ligada à qualidade das soluções de projeto, à integração entre os projetos e dos projetos com o sistema de produção da obra (FABRÍCIO, 2002). Nesse sentido, destaca-se a importância, para a fase de execução, de atividades como a compatibilização dos projetos e o projeto para produção, que permitem a verificação de interferências e o desenvolvimento de

soluções construtivas, precocemente à execução. Um dos benefícios do uso de ferramenta BIM é a descoberta de falhas e omissões de projeto antes de serem constatadas em obra, o que se chama de detecção de interferências. O modelo virtual da construção possibilita visualizações 3D, que facilita a atividade de compatibilização dos projetos.

Griffith (1987 apud FRANCO; AGOPYAN, 1993) considera a racionalização na fase de projeto como um dos aspectos de construtibilidade. O principal objetivo de considerar a construtibilidade no projeto é tornar mais efetiva a aplicação de recursos na construção. A partir de diversos autores, Franco e Agopyan (1993) sintetizam as diretrizes gerais de construtibilidade para projetistas :

- Simplificar os detalhes de projeto para, consequentemente, simplificar a execução;
- Projetar para a habilidade e experiência de mão de obra disponível;
- Projetar para sequências executivas práticas e simples, buscando reduzir o número de operações;
- Projetar para padronizar e utilizar o número máximo de repetições (quando apropriado);
- Coordenar dimensionalmente os elementos e componentes da construção;
- Projetar para tolerâncias atingíveis;
- Projetar para simplificar as substituições;
- Projetar para uma fácil comunicação com o construtor.

As soluções de projeto devem passar por uma análise ou revisão de construtibilidade, que consiste em um processo de avaliação do empreendimento durante o processo de projeto, com o objetivo de detectar seus impactos na fase de construção. A análise do projeto é realizada por uma equipe com experiência em construção, que verifica se os projetos elaborados são exequíveis, do ponto de vista dos construtores. Na prática, esta análise é realizada ao término do desenvolvimento dos projetos, quando seria recomendável que se realizasse ao longo do processo de projeto (CHASEY; SCHEXNAYDER, 2000 apud RIBEIRO; 2005).

3.3.1 Coordenação modular

Devido à sua importância para o incremento da construtibilidade no projeto, destaca-se a coordenação modular, que pode ser definida como "um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes" (MASCARÓ, 1976). Lucini (2001) ainda define como "o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo pré-determinado, compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas, como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações".

A unidade de medida fundamental na coordenação modular é o módulo básico representado pela letra M. Seu valor normalizado é: 1M= 100 mm (ABNT NBR 15873:2010).

A adoção de diretrizes de Coordenação Modular tem como objetivo: facilitar a execução dos projetos; obter benefícios para a fase de produção, com a racionalização dos processos construtivos e a redução de desperdícios de recursos; obter benefícios para a qualidade do produto final, por meio da adoção de soluções consolidadas, padronizadas, normalizadas e com garantia de desempenho; e aumentar a intercambiabilidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil da edificação.

Freire (2006) realizou um estudo comparativo com o objetivo de demonstrar a aplicabilidade da Coordenação Modular nos projetos arquitetônicos voltados para o mercado imobiliário na região da Grande São Paulo. A autora selecionou três projetos de edifícios residenciais (Figura 18), com padrões distintos (número de apartamentos por pavimento), e converteu suas plantas, desenvolvidas de forma convencional, em plantas com medidas modulares. Segundo Freire (2006), foi possível modular as três plantas sem mudanças significativas no produto oferecido: "as mudanças, de fato, acontecem, mas não estão relacionadas às características do produto arquitetônico, estão relacionadas às racionalizações que podem ser obtidas tanto em projeto, quanto na execução".

Figura 18 - Plantas de edifícios residenciais, desenvolvidas de forma convencional, transformadas por Freire (2006) em plantas com medidas modulares

Fonte: (FREIRE, 2006)

De forma ideal, um projeto coordenado modularmente apresenta todos os espaços com medidas modulares, além de todos os seus elementos construtivos também serem modulares. Porém, as soluções de projeto não devem ser limitadas e dificultadas para atender à situação ideal, e devem considerar também outros fatores, como legislação e custos. Portanto, sugere-se que seja empregado o maior número de espaços modulares, agrupando e reduzindo ao mínimo o espaço não modular, normalmente, solucionado de forma tradicional.

Freire (2006) afirma que a aplicação da Coordenação Modular nos projetos depende da adoção de um fluxo de processo de projeto que promova maior integração entre as etapas de projeto e produção, como no fluxo proposto por Barros e Sabbatini (2003) (Figura 19 e Figura 20).

Figura 19 - Fluxo de processo de projeto proposto por Barros e Sabbatini (2003), a ser implantado por empresas construtoras e incorporadoras, objetivando a evolução do processo construtivo tradicional

(Continua)

Figura 20 - Fluxo de processo de projeto proposto por Barros e Sabbatini (2003), a ser implantado por empresas construtoras e incorporadoras, objetivando a evolução do processo construtivo tradicional (Continuação)

Fonte: (BARROS; SABBATINI, 2003)

A partir do fluxo do processo de projeto proposto por Barros e Sabbatini (2003), Freire (2006) identifica algumas ações necessárias para obtenção de um projeto modular (Quadro 10):

Quadro 10 - Ações necessárias para obtenção de um projeto modular

Etapas	Ações necessárias para um projeto modular
Idealização do produto	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento do projeto baseado em um módulo pré-definido (M=100mm)¹⁸ e um quadriculado modular de referência - Análise de detalhes de encontro entre vedações e entre vedações e estrutura para identificar se há componentes disponíveis no mercado, adequados para o projeto.
Desenvolvimento do Estudo Preliminar de Arquitetura	<ul style="list-style-type: none"> - Posicionamento dos vãos de laje, vigas e pilares na quadricula modular.
Fechamento dos projetos	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração da planta de locação geral (contendo eixos principais modulares, cotas). - Elaboração de planta de sequência das atividades (posição e união dos componentes em função da quadricula). - Elaboração da planta de detalhamento (detalhes de juntas, ajustes e tolerâncias para posicionamento dos componentes).¹⁹

Fonte: Freire (2006)²⁰

Freire (2006) relaciona as diretrizes para projetos coordenados modularmente:

a) Dimensionamento dos componentes

- medidas nominais dos componentes²¹ devem ser modulares ou multimodulares;
- componentes devem ser produzidos com o grau de precisão estabelecido em função do processo construtivo adotado.

b) Definição das tolerâncias

Definir a "especificação simétrica da tolerância". A tolerância corresponde à variação máxima permitida em relação à dimensão básica do componente (Figura 21).

¹⁸ A NBR 15873:2010 (Coordenação Modular para edificações) recomenda a adoção do módulo básico M=100mm, ou multimódulos e submódulos.

¹⁹ Caso os componentes sejam pré-fabricados ("de catálogo"), os detalhes do fabricante devem constar do projeto, não sendo necessária sua elaboração (FREIRE, 2006).

²⁰ Elaborado pela autora, baseado em Freire (2006).

²¹ Medida nominal é a medida esperada de um objeto, definida antes da execução/fabricação, por exemplo, painel de 59 cm x 279 cm x 9 cm (ABNT NBR 15873:2010).

Figura 21 - "Representação Simétrica da Tolerância"

Fonte: (NISSEN, 1976 apud FREIRE, 2006)

c) Seleção de medidas modulares

Definir as medidas modulares preferidas²² para o projeto, utilizando o princípio das séries numéricas e considerando os seguintes critérios:

- os números devem permitir a maior flexibilidade possível de combinações e dimensões (correlação);
- deve-se utilizar a menor quantidade possível de números (simplificação).

d) Posicionamento dos componentes no sistema de referência

Locar os componentes construtivos em relação ao sistema de referência, ocupando os espaços modulares de coordenação definidos pelo reticulado espacial e pelas quadrículas modulares. Os elementos construtivos podem ser locados na quadrícula de forma lateral ou simétrica.

e) Detalhes dos componentes modulares

Detalhar os componentes, como é realizado no desenvolvimento tradicional de projetos, porém, incluindo seu posicionamento em relação ao reticulado espacial modular de referência, indicando as juntas necessárias, a união com os componentes adjacentes e os possíveis ajustes modulares.

²² "Medida modular" corresponde à medida de coordenação cujo valor é igual ao módulo básico ou a um multimódulo, por exemplo, painel de 6 M x 28 M x 1 M (ABNT NBR 15873:2010).

"Medidas preferíveis" são o conjunto de medidas que, por suas propriedades matemáticas e sua frequência de uso, foram escolhidas como série modular normal e "medidas preferidas" são as escolhidas dentre as preferíveis para aplicação em um determinado caso (COPANT apud FREIRE, 2006). Os multimódulos devem ser convenientes ao uso e à solução construtiva, diferenciando, se necessário, séries para as medidas modulares verticais e para as medidas modulares horizontais.

Exemplo de multimódulos de 2M e 3M, onde:

Série modular de razão 2: 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12

Série modular de razão 3: 3 . 6 . 9 . 12 . 15 . 18

Para aplicação da coordenação modular, os vãos, sejam horizontais ou verticais, fechados (de vedação) ou abertos (passagens), devem possuir medidas modulares, considerando os devidos ajustes modulares para a montagem dos componentes na obra. Os vãos verticais mais importantes a serem analisados em um projeto modular estão indicados na Figura 22.

Figura 22 - Corte esquemático de vãos verticais modulares

Fonte: FREIRE, 2006

A autora conclui que a implantação da coordenação modular deve fazer parte de um processo evolutivo, que passa por:

- conscientização e divulgação dos conceitos, princípios e diretrizes da coordenação modular entre estudantes e profissionais de arquitetura, incorporadores, construtores e fabricantes;
- racionalização dos processos construtivos tradicionais para facilitar a adoção das práticas da coordenação modular;
- mudança organizacional nas empresas de projeto, de incorporação e construção de modo a melhorar o fluxo de atividades ligadas ao desenvolvimento dos projetos;
- mudanças organizacionais no canteiro;

- implantação dos princípios da coordenação modular nos projetos, utilizando inicialmente os componentes tradicionais da construção;
- parceria entre fornecedores, projetistas e construtores para a produção de componentes coordenados dimensionalmente e normalizados;
- implantação da coordenação modular nos projetos, utilizando os componentes coordenados dimensionalmente;
- implantação da coordenação modular em obras;
- análise dos resultados e retroalimentação do processo.

3.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

O projeto arquitetônico, ao definir as vedações verticais externas, deve levar em consideração a legislação e normas técnicas vigentes, que no Brasil são representadas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pelo Código de Obras e Edificações do município e pelas normas de segurança do Corpo de Bombeiros do estado onde a edificação está sendo implantada (Figura 23).

Figura 23 - Legislação e normas para seleção tecnológica das VVE - Brasil e Município de São Paulo

Fonte: Autor.

O Código de Obras e Edificações define os critérios para dimensionamento das aberturas para aeração e insolação dos compartimentos internos do edifício. Para o Município de São Paulo, a legislação vigente é a Lei 11.228 (Código de Obras e Edificações) de 25 de junho de 1992 que dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edifícios, dentro dos limites dos imóveis, e o Decreto nº 32.329 de 23 de setembro de 1992, que regulamenta a Lei 11.228 e dá outras providências. O cálculo da área de abertura leva em consideração a área do compartimento do edifício e a classificação deste compartimento, definida na Seção 11.1, da Lei 11.228/92. Quando não houver exigências de ordem legal, para o local de implantação da obra, devem ser adotados os valores indicados na Norma de Desempenho (Tabela 7).

Tabela 7 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL $A \geq 8\%$ da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL
Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.		

Fonte: (ABNT NBR 15.575-4, 2013)

Com relação às exigências de proteção contra incêndio, tomando como referência a legislação do Estado de São Paulo, vigoram: o Decreto Estadual nº 56.819, de 10 de março de 2011, que institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco; e as Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (especificamente para as vedações verticais externas, a Instrução Técnica nº 09/2011 - Compartimentação horizontal e compartimentação vertical).

O Decreto Estadual nº 56.819 especifica que, independente do grupo de ocupação e uso (exceto usos especiais definidos pelo Grupo M, como locais de armazenamento de líquidos e gases combustíveis e inflamáveis), os edifícios com área superior a

750m² ou altura superior a 12,00m devem ter compartimentação vertical. Esse elemento se destina a impedir a propagação de incêndio no sentido vertical, ou seja, entre pavimentos elevados consecutivos.

A Instrução Técnica nº 09/2011 - Compartimentação horizontal e compartimentação vertical encontra-se em processo de revisão²³. Dentre as modificações na legislação, foi incluído o parágrafo 5.1.4, que dá orientações quanto ao uso de materiais que compõem os elementos construtivos com função de compartimentação (horizontal e vertical). Na proposta de revisão do parágrafo 5.1.4 da IT 09, é permitida a utilização de quaisquer materiais, tais como alvenaria, gesso acartonado, vidro, manta e outros, desde que a medida de proteção seja testada e aprovada em seu conjunto, atendendo às características de resistência ao fogo (integridade mecânica a impactos - resistência; impedimento da passagem das chamas e da fumaça - estanqueidade; e impedimento da passagem de calor - isolamento térmico). Trata-se de um avanço dessa legislação, que pode incentivar a utilização de tecnologias construtivas pré-fabricadas nas vedações verticais externas dos edifícios.

A seguir, estão relacionadas as recomendações para compartimentação horizontal e vertical da Instrução Técnica nº 09/2011 em vigor (Quadro 11).

²³ SÃO PAULO (Estado). Instrução Técnica nº 09/2015 – Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. Corpo de Bombeiros, São Paulo. 2015. Não publicado*

Quadro 11 - Recomendações para compartimentação horizontal e vertical, conforme Instrução Técnica nº 09/2011

Deve existir separação na fachada entre aberturas de pavimentos consecutivos, que podem se constituir de vigas e/ou parapeito ou prolongamento dos entrepisos além do alinhamento da fachada (Figura 24);

Quando a separação for provida por meio de vigas e/ou parapeitos, estes devem apresentar altura mínima de 1,20 m separando aberturas de pavimentos consecutivos;

Quando a separação for provida por meio dos prolongamentos dos entrepisos, as abas devem projetar-se, no mínimo, 0,90 m além do plano externo da fachada;

Os elementos de separação entre aberturas de pavimentos consecutivos e as fachadas cegas devem ser consolidadas de forma adequada aos entrepisos, de forma a não comprometer a resistência ao fogo destes elementos;

As vedações verticais externas pré-fabricadas devem ter seus elementos de fixação devidamente protegidos contra a ação do incêndio e as frestas com as vigas e/ou lajes devidamente seladas, de forma a garantir a resistência ao fogo do conjunto e a compartimentação vertical;

Os materiais transparentes ou translúcidos das janelas devem ser incombustíveis, exceção feita aos vidros laminados;

Fachadas totalmente envidraçadas ou “fachadas-cortina”: se a própria fachada não for constituída de elementos envidraçados corta-fogo de acordo com as condições da ABNT NBR 14925 (Unidades envidraçadas resistentes ao fogo para uso em edificações), devem ser previstos atrás destas fachadas, elementos corta-fogo de separação, ou seja, instalados parapeitos, vigas ou prolongamentos dos entrepisos;

Fachadas totalmente envidraçadas ou “fachadas-cortina”: as frestas ou as aberturas entre a “fachada-cortina” e os elementos de separação devem ser vedados com selos corta-fogo em todo perímetro; tais selos devem ser fixados aos elementos de separação de modo que sejam estruturalmente independentes dos caixilhos da fachada.

Figura 24 - Modelos de compartimentação vertical

Fonte: SÃO PAULO (Estado), 2011

Há um exemplo de barreira corta-fogo com núcleo à base de lã de rocha mineral incombustível e rígido, reforçado com folha de alumínio. O material do núcleo é intumescente e expande rapidamente em caso de incêndio, de modo a vedar frestas ou aberturas, impedindo a propagação das chamas (Figura 25).

Figura 25 - Exemplo de barreira corta-fogo com núcleo à base de lã de rocha mineral, reforçado com folha de alumínio

Fonte: (DIREITO, 2011)

4 PRÁTICAS PROFISSIONAIS PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA

A fim de conhecer as práticas profissionais para seleção tecnológica de VVE-EM no contexto do projeto de arquitetura, este capítulo traz os resultados de entrevistas semi-estruturadas, de caráter exploratório, aplicadas a arquitetos e incorporador, todos profissionais com experiência em projetos de edifícios com estrutura metálica.

4.1 MÉTODO DE PESQUISA

A fase de entrevistas teve início com a elaboração de um roteiro que foi previamente testado, aplicando-se as questões a uma arquiteta, colega de trabalho da autora e com experiência em projetos de arquitetura de edifícios com estrutura de aço. A partir dos resultados, identificou-se a necessidade de tornar o roteiro mais conciso, tendo-se revisado as perguntas e a própria estrutura do roteiro, de modo a que as entrevistas não fossem tão longas.

Em seguida, passou-se à seleção das empresas que fariam parte da amostra. Foram buscadas empresas de projeto de arquitetura, com produção relevante de edifícios em estrutura metálica e que, preferencialmente, tivessem adotado tecnologias construtivas pré-fabricadas para VVE. Para a seleção, foram verificadas publicações de projetos em periódicos e sites na Internet, utilizando-se, também, do conhecimento da autora, que atua nesse segmento de projetos.

A partir de uma lista prévia, realizou-se contato visando ao agendamento de entrevista presencial com profissionais que tivessem coordenado projetos com as características buscadas ou com arquitetos-diretores das empresas.

Para que se viabilizassem as entrevistas de forma presencial, a seleção focou empresas com sede na cidade de São Paulo, ainda que realizem projetos para empreendimentos implantados em diferentes regiões do país e, até mesmo no exterior.

As entrevistas foram realizadas com profissionais de empresas de projeto de arquitetura, atuantes em diferentes mercados (construção para incorporação, promoção pública e obras sob encomenda). Em três das empresas, houve oportunidade de entrevistar dois arquitetos simultaneamente, o que enriqueceu a

discussão sobre seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica. Os sete arquitetos entrevistados possuem diferentes tempos de experiência profissional e as empresas atuam em diferentes mercados como sintetiza o Quadro 12.

Quadro 12 - Mercado de atuação das empresas foco da pesquisa e tempo de experiência profissional dos profissionais entrevistados

Empresa de Projeto de Arquitetura	Principal mercado de atuação	Arquitetos entrevistados	Tempo de experiência profissional
Empresa A	construção para incorporação	Arquiteto 1	10 - 20 anos
		Arquiteto 2	10 - 20 anos
Empresa B	obras sob encomenda	Arquiteto 3	Mais de 20 anos
		Arquiteta 4	5 - 10 anos
Empresa C	promoção pública / obras sob encomenda	Arquiteto 5	Mais de 20 anos
		Arquiteto 6	5 - 10 anos
Empresa D	obras sob encomenda	Arquiteto 7	10 - 20 anos

Fonte: do autor

Além das entrevistas com os arquitetos, foi realizada uma entrevista com o diretor de Projeto e Construção de uma empresa multinacional, atuante no segmento de incorporação imobiliária em nível nacional, com escritório na cidade de São Paulo. A realização dessa entrevista, também presencial, teve como objetivo incluir a visão de um profissional acostumado a conciliar as necessidades dos clientes na construção de espaços que agreguem valor e proporcionem retorno financeiro aos investidores. Ou seja, buscou-se trazer para a discussão sobre seleção tecnológica de VVE-EM a opinião de um profissional que interfere no processo de projeto de arquitetura.

Apesar das limitações do método de pesquisa, pois muitas vezes ocorre retenção de informação pelo entrevistado, o resultado das entrevistas possibilitaram conhecer de forma abrangente suas opiniões, anseios e perspectivas relacionados às tecnologias de VVE-EM. Trata-se, portanto, de uma abordagem qualitativa.

Após a aplicação das entrevistas, realizou-se sua transcrição e fez-se uma classificação dos registros por assunto. Por exemplo, ao transcrever um trecho de entrevista em que o profissional relata que a dificuldade de acessar com caminhões

uma obra localizada em um grande centro urbano influenciou na escolha do sistema estrutural, definiu-se como assunto: "logística imposta pelo local da obra". Tendo definidos os assuntos tratados pelos entrevistados, passou-se ao seu agrupamento por temas mais abrangentes, quais sejam:

- Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de estrutura metálica;
- Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de VVE pré-fabricada;
- Fatores que levaram a descartar a seleção tecnológica de VVE pré-fabricada;
- Influência das exigências de desempenho na seleção tecnológica de VVE;
- Influência das exigências de sustentabilidade na seleção tecnológica de VVE;
- Influência das exigências de construtibilidade na seleção tecnológica de VVE;
- Seleção tecnológica de VVE e estrutura metálica no processo de projeto de arquitetura;
- Agentes envolvidos na seleção tecnológica de VVE com forte relacionamento com o projetista de arquitetura;
- Barreiras para adoção de estrutura metálica e tecnologias construtivas pré-fabricadas de VVE em edifícios.

Com os assuntos e temas definidos, foi possível montar uma matriz de trabalho, chamada de Quadro de Análise de Entrevistas, que possibilitou comparar opiniões de diferentes arquitetos e do incorporador sobre o mesmo assunto. A matriz de trabalho completa resultou em um documento muito extenso - cinco folhas tamanho A0. A título de exemplo, um trecho do Quadro de Análise de Entrevistas é apresentado em Quadro 13.

Todo o processo de definição dos temas e assuntos e de classificação dos resultados das entrevistas passou por diversas revisões, com o intuito de organizar de forma clara o conteúdo dos registros das entrevistas.

4.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os depoimentos dos profissionais, baseados em suas experiências, estão transcritos e organizados por tema e assunto no Apêndice B.

Neste capítulo, é realizada uma síntese a partir das entrevistas, indicada no Quadro 14, e os aspectos mais relevantes desses tópicos estão discutidos na sequência.

Quadro 13- Análise das entrevistas (matriz de trabalho)

MATRIZ DE TRABALHO				
Tema	Assunto	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Fatores que levaram a descartar a seleção tecnológica de VVE pré-fabricada	Cultura construtiva	<p><i>O escritório trabalha principalmente com clientes que são construtores.</i></p> <p><i>Fizemos o projeto de um hotel de 6 pavimentos, concebido em estrutura de concreto e vedação vertical de alvenaria. Durante o processo de seleção dos materiais, entramos em contato com uma empresa alemã (STO), que executa vedação (em camadas) como nos "países mais desenvolvidos". Estão chegando no Brasil conhecendo a realidade. Então, eles têm o kit LSF (light steel frame), mas também tem o kit para revestimentos de fachada construída com alvenaria de blocos. O fornecedor propôs fazer um estudo para este projeto, utilizando o kit para alvenaria. Porém, a construtora nem cogitou adotar a solução, pois afirmou: "Já tenho minha equipe que executa esse serviço". É muito difícil encontrar um construtor disposto a mudar.</i></p>	<p><i>Dependendo da construtora e do seu modo de construir, encontra-se resistência para inovar. Com clientes que não são construtores é possível adotar soluções mais industrializadas.</i></p>	<p><i>Sobre a mão de obra, de repente, é muito mais justificável, do ponto de vista social, econômico, adotar o bloco de alvenaria, porque o empreiteiro disponível conhece esta tecnologia. Nossos construtores estão longe de ter uma formação voltada para um sistema mais pré-fabricado (exceto em grandes empreendimentos de uma cidade rica como São Paulo).</i></p>

Fonte: do autor

Quadro 14 - Síntese das entrevistas realizadas

Tópicos abordados pelos entrevistados sobre práticas profissionais para seleção tecnológica de VVE-EM
Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de estrutura metálica
<ul style="list-style-type: none"> – Redução de prazo e antecipação da entrega/ operação/ receita – Exigência de baixa densidade de massa da estrutura – Complexidade da estrutura – Logística imposta pelo local da obra – Cultura construtiva (e promoção da imagem) da empresa – Precisão dimensional – Tipo de edifício – Razões comerciais
Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de VVE pré-fabricada
<ul style="list-style-type: none"> – Redução de prazo e antecipação da entrega/ operação/ receita – Escala do projeto associada a redução de prazo – Qualidade do acabamento – Tipo de sistema estrutural
Fatores que levaram a descartar a seleção tecnológica de VVE pré-fabricada
<ul style="list-style-type: none"> – Custo – Cultura construtiva – Tipo de edifício – Pré-conceito do usuário / cliente
Influência das exigências de desempenho na seleção tecnológica de VVE
<ul style="list-style-type: none"> – Desempenho estrutural – Segurança contra incêndio – Desempenho térmico – Outros aspectos
Influência das exigências de sustentabilidade na seleção tecnológica de VVE
<ul style="list-style-type: none"> – Flexibilidade – Manutenibilidade e Durabilidade – Outros aspectos
Influência das exigências de construtibilidade na seleção tecnológica de VVE
<ul style="list-style-type: none"> – Logística de entrega e montagem – Fixações – Juntas – Modularidade
Seleção tecnológica de VVE e estrutura metálica no processo de projeto de arquitetura
<ul style="list-style-type: none"> – Etapa de levantamento de alternativas e escolha da tecnologia – Principais responsáveis pela seleção tecnológica de VVE
Agentes envolvidos na seleção tecnológica de VVE com forte relacionamento com o projetista de arquitetura
<ul style="list-style-type: none"> – consultor de VVE – fabricantes/fornecedores de elementos de VVE – construtor
Barreiras para adoção de estrutura metálica e tecnologias construtivas pré-fabricadas de VVE em edifícios
<ul style="list-style-type: none"> – Custo elevado da estrutura metálica – Avanços tecnológicos da estrutura de concreto – Resistência a mudança – Falta de normas técnicas ou diretriz para avaliação técnica para os novos produtos de VVE – Falta de processo de projeto integrado – Distanciamento do projetista de arquitetura da etapa de execução do edifício – Lacunas de conhecimento por parte dos arquitetos – Tipos diferentes de elementos de vedação para customização das fachadas do edifício

Fonte: do autor

4.2.1 Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de estrutura metálica

Segundo o incorporador, a estrutura metálica "vem ocupar nichos estratégicos que apresentem máximas dificuldades".

Nos exemplos dados pelos entrevistados, a estrutura metálica mostrou-se o sistema estrutural mais adequado para obter redução de prazo nos casos em que interessava a antecipação de receita, como hotel, hospital (Figura 26) e shopping center. A redução de prazo foi destacada pelos entrevistados de duas empresas de projeto de arquitetura (B e C) e pelo incorporador. Já o arquiteto da empresa D afirma que é possível ter agilidade na execução em ambos os tipos de estrutura (metálica ou de concreto).

Figura 26- Construção do Hospital Mater Dei (Belo Horizonte - MG) em estrutura metálica para redução do prazo e antecipação da operação

Fonte: (ZANETTINI, 2015)

A escolha da estrutura metálica garantiu atendimento à exigência de baixa densidade de massa da estrutura, aspecto relevante no caso do Hospital Sírio Libanês - Blocos E / F (São Paulo - SP), que foi construído sobre uma estrutura existente (Figura 27).

Figura 27 - Hospital Sírio Libanês - Blocos E / F (São Paulo - SP) construído em estrutura metálica sobre edifício existente

Fonte: (MÉTODO, 2015).

A dificuldade de executar o escoramento de uma estrutura em balanço, se fosse construída em concreto armado, influenciou na opção pela estrutura metálica no edifício Parque Marítima (Rio de Janeiro, RJ) (Figura 28).

Figura 28 - Complexidade estrutural do Parque Marítima (Rio de Janeiro, RJ).

Fonte: (TISHMAN, 2015)

A dificuldade de acessar o canteiro, localizado em grande centro urbano ou em local distante da área urbana (Figura 29), também foi considerada na escolha da estrutura metálica, para que a execução fosse agilizada por processos de montagem.

Figura 29 - Laboratório de Biodiversidade (Belém - PA) a ser construído em meio à Floresta Amazônica

Fonte: [...] (PALAFITA ..., 2012)

A cultura construtiva torna-se um fator relevante para seleção tecnológica de estrutura metálica, principalmente, quando o construtor exerce também o papel de incorporador ou investidor. O fator "cultura construtiva" foi citado pelos entrevistados de duas empresas de projeto de arquitetura e pelo incorporador.

A precisão dimensional foi citada como ponto favorável à escolha da estrutura metálica, assim como o estabelecimento de parcerias anteriores entre o investidor-incorporador e o fornecedor de estrutura metálica.

4.2.2 Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de VVE pré-fabricada

A necessidade de reduzir o prazo de execução também foi fator que influenciou na escolha de tecnologias construtivas pré-fabricadas para VVE. Os casos citados referem-se ao uso de painéis pré-fabricados de concreto associados à estrutura metálica (Figura 30), em vista de um processo construtivo mais industrializado.

Figura 30 - Biblioteca Central da Pontifícia Universidade Católica de Campinas utilizou painéis pré-fabricados de concreto associados à estrutura metálica

Fonte: (PIRATININGA, 2015)

Os arquitetos da empresa A relacionaram a utilização de VVE pré-fabricada à qualidade do acabamento, exemplificando com a construção do Empreendimento FL 4300 (Figura 31) e reforçaram que este é um fator importante para satisfação dos clientes e imagem do escritório frente ao mercado.

Figura 31 - Empreendimento FL 4300 apresentou diferentes padrões de qualidade do acabamento, atribuídos ao uso de VVE pré-fabricadas

Fonte: (ARCHIDAILY, 2015)

O incorporador e o arquiteto da empresa D acreditam que o sistema estrutural não influencia na escolha de determinada tecnologia de VVE. Porém, o incorporador considera um "retrocesso" a permanência da alvenaria de blocos em edifícios com estrutura reticulada, seja metálica ou de concreto.

4.2.3 Fatores que levaram a descartar a seleção tecnológica de vedação vertical externa pré-fabricada

Os arquitetos das empresas C e D apontaram o custo elevado como fator que levou a descartar a utilização em projeto de tecnologias construtivas pré-fabricadas para VVE. Afirmam que o custo dessas tecnologias ainda não é competitivo em relação à alvenaria de blocos. O arquiteto da empresa C afirmou que no Projeto da Vila Residencial do ITA, em São José dos Campos - SP (Figura 32), com edifícios em estrutura metálica, optou-se por uma tecnologia tradicional para as vedações externas, pois, se fossem pré-fabricadas, "acabaria encarecendo para atender as exigências de desempenho".

Figura 32- Projeto da Vila Residencial do ITA (São José dos Campos - SP), construído em estrutura metálica com VVE de alvenaria de blocos

Fonte: [...] (ARQUITETURA ..., 2015)

Cultura construtiva foi mencionada por arquitetos de três empresas de projeto como barreira para utilização de outras alternativas de VVE, diferentes da tecnologia de alvenaria. Afirmou-se que falta capacitação profissional voltada para processos construtivos industrializados e há resistência à mudança, por parte dos construtores, para adoção de novas tecnologias de VVE. Um dos arquitetos afirmou que a resistência é menor quando se tratam de projetos para clientes que não são do setor da construção civil, casos em que, usualmente, os construtores não participam das fases iniciais do processo de projeto. O preconceito dos usuários quanto a novas tecnologias também foi indicado durante as entrevistas.

O edifício residencial foi citado como o tipo em que é mais difícil adotar tecnologias construtivas pré-fabricadas para VVE, devido às margens menores de lucro que caracterizam grande parte de sua produção. O arquiteto da empresa A afirma que em edifícios corporativos há maior liberdade para especificar tecnologias pré-fabricadas, pois se investe mais. A autora acredita que esse maior investimento está relacionado ao prazo, que deve ser reduzido para antecipar a entrega-operação-receita, e à valorização estética das fachadas, que acabam influenciando no custo de locação do edifício.

4.2.4 Influência das exigências de desempenho na seleção tecnológica de vedação vertical externa

Quanto ao desempenho estrutural, o arquiteto da empresa D afirmou que foi necessário ensaio de túnel de vento para garantir que o projeto da estrutura e das fachadas do Hospital Sírio Libanês - Blocos E / F (São Paulo - SP) atendessem aos requisitos de desempenho.

Com relação ao requisito de desempenho de segurança contra incêndio, foi citada a legislação do Corpo de Bombeiros, que exige compartimentação vertical de 1,20m entre pavimentos. O incorporador e o arquiteto da empresa A disseram que os seus projetos resolvem da mesma forma esta exigência: com viga de borda de 1,20m, se a estrutura for de concreto; ou com peitoril de drywall (chapa resistente ao fogo), se a estrutura for metálica ou se a viga estiver recuada em relação à fachada. O incorporador e o arquiteto da empresa B afirmaram que não há restrição quanto ao uso de painéis pré-fabricados de concreto em fachadas para atendimento à exigência de compartimentação vertical. O arquiteto da empresa B sempre adota alvenaria nas escadas de emergência, inclusive em edifícios em estrutura metálica, pois afirma que esta é uma exigência do Corpo de Bombeiros. O arquiteto desconhecia a proposta de revisão da Instrução Técnica nº 09/2011, que não restringe o uso de quaisquer tecnologias construtivas, contanto que a medida de proteção seja testada e aprovada em seu conjunto.

Ao abordar desempenho térmico, houve discordância entre as opiniões do arquiteto da empresa B e o incorporador. O primeiro considera que o uso excessivo de vidro nas construções leva ao alto consumo energético para resfriar os ambientes. Já o incorporador diz que o aumento no custo de operação devido ao sistema de

climatização em edifícios com fachadas envidraçadas não é significativo, se adotados vidros de alta performance (low-E), e que esta solução é mais econômica do que a adoção de brises. O incorporador acrescenta que é valor para o cliente uma vista sem obstrução.

Os arquitetos das empresas B, C e D deram exemplos de soluções adotadas em projetos para melhorar o conforto térmico dos ambientes, como a previsão de: varandas nas fachadas voltadas para o Norte; grandes beirais na cobertura; ambientes com diferenças de pé-direito para promover a ventilação natural; orientação adequada do edifício. O arquiteto da empresa B citou o trabalho com o Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Tecnologia da FAUUSP (LABAUT), que analisou as condições climáticas locais e realizou simulações, apoiando a definição da orientação do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ) e das soluções de conforto do centro de pesquisa (Figura 33).

Figura 33 - Implantação do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ) foi analisada para promover melhor ventilação nos edifícios e garantir o conforto

Fonte: (ZANETTINI, 2015)

O incorporador levantou um problema de não atendimento à Norma de Desempenho na cidade do Rio de Janeiro, onde há edifícios residenciais com janelas sem persiana ou veneziana, deixando de atender à exigência de ventilação e oclusão permanentes.

Na opinião do incorporador, as tecnologias pré-fabricadas de fachada apresentam a vantagem de permitir flexibilidade na especificação, possibilitando atender aos requisitos de desempenho para uma determinada condição de projeto.

4.2.5 Influência das exigências de sustentabilidade na seleção tecnológica de vedação vertical externa

O incorporador destacou, fortemente, que um edifício flexível dura mais: *"Se for muito específico, o edifício envelhecerá, ficará inadequado em pouquíssimo tempo e toda energia gasta será desperdiçada!"*. O incorporador ainda relacionou quais características conferem flexibilidade a um edifício: *"pé direito alto; grandes vãos estruturais; shafts com folga para receber futuras instalações (...); sobrecarga um pouco maior; e vedações leves. Para as fachadas, a flexibilidade se traduziria em aberturas amplas"*.

O arquiteto da empresa D afirmou que manutenibilidade e durabilidade foram consideradas na seleção tecnológica das fachadas do Hospital Sírio Libanês - Blocos E / F (São Paulo - SP): *"A ideia era de que o cliente tivesse o mínimo de manutenção e, se houvesse, ocorresse o mais rápido possível. (...) tentamos manter o máximo de tecnologia investida nos elementos, respeitando o custo estipulado pelo cliente"*. O arquiteto descreveu a solução, que chama de inovadora, desenvolvida para as esquadrias com o quadro removível de fachada (aplicado ao sistema unitizado). Esta solução resultou da preocupação dos projetistas de arquitetura com a agilidade dos reparos nas esquadrias em caso de quebra do vidro, mas também com a adequação à mudança de uso dos ambientes hospitalares ao longo do tempo. O quadro removível de fachada foi desenvolvido conjuntamente por projetista de arquitetura, consultor de fachadas e fabricante. O arquiteto questiona se valeria a pena o investimento ser repetido, pois seria necessária uma avaliação durante a fase de operação do edifício quanto às reais vantagens da solução e uma contraposição com seu custo.

O arquiteto da empresa B considera que o atendimento às exigências de desempenho das fachadas está bastante relacionado ao material constituinte do elemento construtivo. Essa escolha, afirma o arquiteto, deve ser coerente com a vida útil estabelecida para as fachadas (hoje, com um mínimo de 40 anos pela NBR 15575).

O arquiteto da empresa D acredita que a atual discussão sobre sustentabilidade estimula o uso de tecnologias pré-fabricadas, por gerarem poucos resíduos.

4.2.6 Influência das exigências de construtibilidade na seleção tecnológica de vedação vertical externa

Os aspectos de logística de entrega e montagem apontados pelos entrevistados foram:

- Deve-se buscar eliminar trabalhos artesanais, principalmente, em edifícios construídos em estrutura metálica para não haver perda de produtividade (Incorporador);
- A execução da fachada deve ocorrer em paralelo à execução da estrutura. É possível montar a fachada três pavimentos abaixo da estrutura que está em andamento (Incorporador);
- A fachada com sistema unitizado permite que se trabalhe dentro do edifício, no pavimento em que os painéis já estiverem instalados, ou seja, o edifício é terminado por pavimento (Arquiteto da Empresa A);
- Painéis unitizados são movimentados em obra mais por cremalheira do que por guindaste. O comprimento dos perfis de painéis deve ser compatível com a altura do elevador de obra (Incorporador e Arquiteto da Empresa D);
- Devido às dimensões e massa dos painéis pré-fabricados de concreto utilizados nas fachadas do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), sua movimentação somente foi possível com o uso de guindaste (Arquiteto da Empresa B);
- Os perfis metálicos utilizados no CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ) eram organizados no caminhão conforme a ordem de montagem indicada em projeto (Arquiteto da Empresa B);
- A logística de canteiro é facilitada quando se adotam pré-fabricados (Arquiteto da Empresa D);
- No Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), alguns componentes da fachada unitizada já vinham montados da fábrica e outros eram montados no canteiro. A definição do que seria montado em fábrica dependia do andamento da obra. Se estivesse atrasada, mais componentes eram montados em fábrica. (Arquiteto da Empresa D).

Sobre fixações, o arquiteto da empresa B descreveu o sistema realizado por solda das chapas dos painéis pré-fabricados de concreto na estrutura metálica. O guindaste suspendia o painel até que a solda painel-estrutura fosse concluída. O arquiteto da empresa D informou que o projetista especialista desenhou furos oblongos nas fixações dos painéis de fachada para acomodar a movimentação da estrutura metálica.

Sobre juntas, o arquiteto da empresa B descreveu a solução do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), em que foi adotada junta de 1cm entre painéis, que foram dispostos por fora da estrutura metálica. Assim, eliminaram-se juntas na fachada entre estrutura e painéis.

Houve um consenso entre os arquitetos das empresas C e D e o incorporador quanto à modularidade. Todos os profissionais disseram que os espaços definem o módulo do projeto e não o contrário. Foram dados exemplos como: o quarto de internação com 4m de largura, que resultou em um vão estrutural de 8m, dividido em 6 painéis de fachada com 1,33m de largura (arquiteto da empresa D sobre o projeto do Hospital Sírio Libanês - Blocos E / F - São Paulo - SP); o vão econômico para uma habitação de 7,5x10m (arquiteto da empresa C); e o "*lease span*" ótimo para edifícios comerciais de 12m a 15m (incorporador).

Os arquitetos das empresas C e D têm conhecimento de que o módulo de 1,20m é preferível ao se trabalhar com o vidro, por otimizar o aproveitamento das chapas e diminuir perdas.

O arquiteto da empresa C comentou a falta de coordenação modular entre componentes, dando como exemplo o vidro (módulo de 1,20m) e os forros e luminárias (módulo de 1,25m). O arquiteto da empresa B acrescentou que os componentes não só não estão coordenados modularmente, como mudam suas dimensões ao longo do tempo (como ocorre com os revestimentos cerâmicos, por exemplo). A arquiteta da empresa B afirma que a falta de coordenação modular é um problema da cadeia produtiva.

Na visão do incorporador, a fachada deve seguir a modularidade estrutural que, por sua vez, deve apresentar "alguma modularidade, mas há faixas de ajuste". A arquiteta da empresa B também se questiona quanto à rigidez do módulo, sugerindo que, em geral, sejam adotado um módulo e tratadas as exceções.

4.2.7 Seleção tecnológica de vedação vertical externa e estrutura metálica no processo de projeto de arquitetura

O arquiteto da empresa D relatou o processo de definição da tecnologia de VVE para o projeto do Hospital Sírio Libanês - Blocos E / F - São Paulo - SP. Primeiro, foi definida em projeto a estética das fachadas, a aparência do edifício, com suas áreas cegas e de aberturas. Em seguida, iniciou o processo de avaliação das tecnologias, sendo que cinco foram analisadas: pré-moldado de concreto com esquadrias (sistema unitizado); GFRC com esquadrias (sistema unitizado); fachada ventilada com painéis de terracota com dióxido de titânio; fachada ventilada com painéis de ACM; e revestimento de painéis de ACM com gaxeta entre painéis, sendo que as três últimas alternativas estiveram associadas à vedação com *light steel framing*. Durante o processo de avaliação, foram realizados protótipo e simulações, até que se definiu a tecnologia de revestimento de painéis de ACM. O responsável pela aprovação (ou desaprovação) das tecnologias foi sempre o cliente. O custo das alternativas foi acompanhado pelo setor de construção da empresa D.

O arquiteto da empresa B explicou que a escolha da tecnologia de painéis pré-fabricados de concreto para o CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ) foi realizada conjuntamente com o Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Tecnologia da FAUUSP (LABAUT) e, então, foi aprovada pelo cliente no local, a partir de um trecho montado de painéis e esquadrias. O arquiteto também afirmou que, ao sugerir a tecnologia de VVE, foi influenciado pela qualidade do acabamento e precisão dimensional dos painéis pré-fabricados e por resultados observados em especificações de seus projetos anteriores.

Os arquitetos da empresa A disseram que não se discutiu outra solução para fachada do WTorre Morumbi (São Paulo - SP), além dos painéis unitizados de vidro. Os arquitetos acreditam que já há um consenso (entre os agentes envolvidos) de que essa é a melhor solução para edifícios comerciais de 30 pavimentos e lajes de 2.000m². Os arquitetos, inclusive, foram informados por um consultor de fachada de que o sistema unitizado, por já estar tão difundido no mercado, é viabilizado mesmo quando o edifício tem pequenas dimensões.

Na opinião dos entrevistados, o papel do arquiteto na seleção tecnológica de VVE é o de sugerir alternativas. O arquiteto da empresa B explicou que a avaliação das

alternativas também passa pelo projetista de arquitetura com o apoio de consultores ou projetistas específicos. No caso do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), as alternativas sugeridas pelo arquiteto e avaliadas por ele e pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Tecnologia da FAUUSP (LABAUT) eram apresentadas e justificadas à equipe técnica do cliente em reuniões de projeto. O arquiteto da empresa D afirma que a influência do arquiteto na sugestão de alternativas para seleção tecnológica de VVE é maior nos casos em que o cliente não atua como incorporador, pois neste caso, este agente já traz uma intenção para a fachada. O incorporador entrevistado reforçou que há muita discussão da equipe de incorporação com o projetista de arquitetura, durante o desenvolvimento do projeto, e que essa equipe é responsável por monitorar os custos e os riscos das tecnologias construtivas selecionadas.

Todos os entrevistados afirmaram que a aprovação da tecnologia de VVE coube aos seus clientes (empreendedores).

4.2.8 Agentes envolvidos na seleção tecnológica de vedação vertical externa com forte relacionamento com o projetista de arquitetura

4.2.8.1 Consultores ou projetistas específicos

Todos os arquitetos entrevistados mostraram-se acostumados a desenvolver projetos com o apoio de consultores ou projetistas específicos. O arquiteto da empresa B afirma que "o auxílio de especialistas é necessário, principalmente, com exigências cada vez mais complexas para os edifícios".

Os arquitetos consideram o projeto como um processo multi e interdisciplinar. Os arquitetos das empresas B, C, D afirmam que a identificação da necessidade de contratação de consultores ou projetistas específicos, geralmente, parte do arquiteto, por sua habilidade de enxergar o projeto como um todo.

O arquiteto da empresa C menciona que, se o cliente não contrata o consultor, o escritório contrata diretamente. O arquiteto da empresa D diz que os contratos dos projetos de arquitetura são do tipo "guarda-chuva", ou seja, fecha-se o contrato global incluindo todos os consultores, depois estes são contratados conforme a necessidade.

O arquiteto da empresa D explica que os consultores devem participar desde o início do processo de projeto, pelo menos a partir da fase de Anteprojeto, segundo o arquiteto da empresa C, para evitar interferências e retrabalho.

O arquiteto da empresa D diz que os consultores costumam ser contratados em obras grandes, porém, em obras pequenas, os arquitetos aconselham-se com alguns fornecedores parceiros, cujo relacionamento foi desenvolvido em experiências anteriores.

Os arquitetos da empresa A afirmam que na prática profissional, de forma ideal, as responsabilidades relacionadas às fachadas dos edifícios dividem-se em:

- Concepção de fachada: arquiteto;
- Aplicação dos sistemas na fachada concebida pelo arquiteto: projetista de fachada ou de caixilho;
- Projeto para fabricação baseado no projeto do especialista: fabricante.

O arquiteto da empresa D explica que há, portanto, duas compatibilizações necessárias: do projeto de arquitetura com o projeto do especialista e do projeto de arquitetura com o projeto do fornecedor. O arquiteto da empresa A afirma que, nos edifícios de escritórios, "a primeira interação arquiteto-especialista é muito bem feita hoje em dia. O problema ocorre na passagem do projeto do especialista para o fabricante, porque, raramente, o arquiteto participa desta etapa".

Quanto aos produtos entregues, o arquiteto da empresa A diz que, normalmente, realizam o detalhamento de caixilharia, compatibilizado com o projeto do especialista, que é emitido no pacote final de projetos de arquitetura. O detalhamento contém conceitos da fachada, como modulação, arremate com outros elementos de fachada, arremate com o forro. Os arquitetos da empresa A questionam-se sobre a necessidade de realizar esse detalhamento, já que ele se repete no projeto do especialista (que é utilizado para a execução). Porém, a empresa A opta por fornecer o detalhamento para fins de documentar o projeto tal como foi desenvolvido. O arquiteto da empresa A completa: "além disso, para o consultor de fachada, passou da linha do perfil não é mais responsabilidade dele".

4.2.8.2 Fabricantes de elementos de VVE e estrutura metálica

O arquiteto da empresa B considera o projeto para fabricação diferente do projeto de arquitetura quanto ao nível de detalhamento, pois aquele apresenta minúcias, como

a previsão de furos. O arquiteto diz que o desenho de arquitetura tem o papel de direcionar o desenho para fabricação.

O arquiteto da empresa B lembra que, no projeto do CENPES – Petrobras, o fabricante produziu painéis com espessuras e acabamentos definidos pelo projetista para atender o desempenho térmico e acústico esperado. A arquiteta da empresa B afirma que sempre há participação de fabricantes durante o desenvolvimento dos projetos, auxiliando na especificação dos produtos, fornecendo dados de desempenho e detalhes para serem incorporados ao projeto de arquitetura.

As observações dos arquitetos das empresas A e C apresentaram pontos em comum quanto ao relacionamento com fabricantes de estrutura metálica. Segundo o arquiteto da empresa C, “entre fornecedores de estrutura metálica, cada um possui um sistema. Todas as compatibilizações discutidas com o calculista durante o desenvolvimento do projeto perdem-se quando o fornecedor é contratado. Às vezes, o projeto para produção não retorna para a arquitetura, pois já não participamos mais desta etapa”. Os arquitetos da empresa A descreveram como foi o processo de projeto de um edifício com estrutura metálica, em que o cliente optou por substituir o projeto de estrutura pelo projeto do fornecedor, baseado em uma experiência anterior, quando foi necessária uma revisão completa do projeto estrutural após o recebimento do projeto do fornecedor.

Se, por um lado, a contratação tardia do fornecedor de estrutura metálica leva ao surgimento de interferências não solucionadas na fase de projeto, por outro lado, sua contratação durante o desenvolvimento trouxe limitações para o projeto do WTorre Morumbi (São Paulo - SP), segundo o arquiteto da empresa A. Neste caso, o arquiteto afirma que o fornecedor indicava que deveriam ser adotadas soluções-padrão, já definidas em contrato. Na visão do arquiteto da empresa C, os produtos para construção civil deveriam ser desenvolvidos a partir dos projetos e não o contrário.

O arquiteto da empresa C afirma que a equipe do escritório tem a preocupação de fazer um projeto completo, mas, de forma geral, “os projetos estão ficando menos detalhados, contando com o desenvolvimento posterior do projeto para produção. Isso está acontecendo devido à desvalorização do projeto. Se por um lado é exigida responsabilidade absoluta sobre o papel do arquiteto, por outro lado, paga-se o menor preço possível para o projeto”. O arquiteto da empresa D diz que “há muitos casos em que não é feita a compatibilização dos projetos para produção, porque são

horas técnicas que não entram no escopo do projeto de arquitetura. A responsabilidade de quem faz a compatibilização é realmente grande. Falta cultura do cliente de reconhecer o valor da compatibilização dos projetos, que podem gerar uma economia na fase de execução. Fora do Brasil, os escritórios de arquitetura não trabalham assim. Aqui é difícil conseguir vender este serviço".

4.2.8.3 Construtores

A partir dos depoimentos dos entrevistados, há diferenças no relacionamento entre arquitetos e construtores, na fase de projeto, dependendo se a obra é voltada para promoção pública, construção para incorporação ou sob encomenda.

A empresa A atua, principalmente, no mercado de construção para incorporação. Nesse caso, os construtores são envolvidos na fase de projeto: "costumamos solicitar ao cliente que envolva o quanto antes o construtor. A maneira de construir influencia bastante na escolha das tecnologias, custos, prazos e expectativas. Se o construtor não participa desde o começo do processo, fica num acordo entre nós arquitetos e o cliente e, quando a construtora entra, tende a ter retrabalho (revisões, impactos em cronograma, etc.)".

Já a empresa C possui uma produção significativa de edifícios públicos. O arquiteto afirma que a construtora acaba não participando do processo de projeto, pois somente é contratada posteriormente, e acrescenta: "Percebemos que muitas vezes as construtoras contratadas pela Lei nº 8666/93 não seguem o projeto".

A empresa B atua no mercado de obras sob encomenda, em que, dificilmente, há uma construtora envolvida durante o projeto. Nesses casos também pode haver um período de tempo significativo separando a fase de projeto da fase de execução. Porém, é comum a participação de uma gerenciadora nestes projetos. A arquiteta da empresa B conta que, em alguns projetos, a gerenciadora atua como representante da etapa de projeto e execução. "Tivemos algumas experiências positivas com gerenciadoras que, participando de todo processo do empreendimento, assumiram um compromisso maior com a construtibilidade".

Com relação à participação do arquiteto na fase de execução, o arquiteto da empresa B, que possui mais de 50 anos de experiência profissional, enxerga avanços, pois "antes não havia uma compatibilização tão forte e a volta dos desenhos para produção para o escritório de arquitetura, como acontece hoje". Já o

arquiteto da empresa D relata a dificuldade de entrosamento entre as áreas de projeto e construção: "Aqui na empresa, atuamos no segmento de projeto de arquitetura e de construção. Mas, são dois mundos completamente diferentes. É difícil trazer os aprendizados da obra para o projeto. Mas estamos tentando, realizando reuniões, fazendo estudos de caso das obras que executamos, para que haja uma retroalimentação do processo. Nossa equipe é formada por arquitetos e engenheiros". A arquiteta da empresa B acredita que o construtor deveria entrar antes no processo de projeto e o arquiteto deveria permanecer na fase de execução, para trabalharem concomitantemente, contribuindo um para o trabalho do outro.

4.2.9 Barreiras para adoção de estrutura metálica e tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedação vertical externa em edifícios

As barreiras apontadas pelos entrevistados para adoção de estrutura metálica e tecnologias construtivas pré-fabricadas para VVE em edifícios foram:

a) Custo elevado da estrutura metálica

O incorporador acredita que a estrutura metálica não é capaz de competir com a estrutura de concreto na maior parte das obras, devido ao preço atual do aço. O arquiteto da empresa C concorda e acrescenta que os pré-moldados de concreto também têm custo menor do que a estrutura metálica. Apesar disso, o arquiteto da empresa C, diante da resistência do cliente com a estrutura metálica, procura esclarecer sobre o custo global da obra e a economia com os custos indiretos promovidos por este sistema estrutural.

b) Avanços tecnológicos da estrutura de concreto

O incorporador afirma que "a estrutura de concreto evoluiu tanto em tecnologia, que ela praticamente está atingindo a velocidade de produção da estrutura metálica".

c) Resistência a mudança

O arquiteto da empresa B e o incorporador mencionaram o conservadorismo das construtoras, que mantêm processos construtivos tradicionais.

O arquiteto da empresa B também citou o preconceito do cliente brasileiro, "resistente à adoção de novas tecnologias", e o preconceito do arquiteto, "que desconhece a tecnologia".

d) Falta de normas ou diretriz técnicas para avaliação de novos produtos de VVE

O arquiteto da empresa C lembra que "a adoção de tecnologias pré-fabricadas também esbarra na falta de regulamentação de como funcionam".

e) Falta de um processo de projeto integrado

O arquiteto da empresa B afirma que "o objeto da engenharia civil e da arquitetura é um só: o edifício" e reforça que o projeto deve ser desenvolvido em um ambiente integrado e multidisciplinar. Os arquitetos das empresa C e D possuem a mesma opinião. O arquiteto da empresa B participou da criação do programa de dupla formação FAU-POLI/USP, pois acredita que o caminho é aproximar as disciplinas de Engenharia e Arquitetura.

f) Distanciamento do projetista de arquitetura da etapa de execução do edifício

O distanciamento do projetista de arquitetura da etapa de execução do edifício foi citado por todos arquitetos e incorporador entrevistados. Devido ao afastamento, o arquiteto acaba desconhecendo as necessidades da etapa de execução e se o seu detalhamento de projeto reflete como o edifício será construído.

g) Lacunas de conhecimento dos arquitetos

A observação do arquiteto da empresa C mostra lacunas de conhecimento sobre VVE pré-fabricadas: "Precisamos começar a conhecer as opções de vedações externas pré-fabricadas, como garantem o atendimento às normas e como se tornam viáveis em termos de custos".

h) Tipos diferentes de elementos de vedação para customização das fachadas do edifício

O arquiteto da empresa C acredita que, se há muitos tipos diferentes de elementos de vedação no mesmo projeto, isso pode inviabilizar a adoção da tecnologia construtiva pré-fabricada para VVE.

5 DIRETRIZES PARA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA

Neste capítulo são apresentadas diretrizes, voltadas aos projetistas de arquitetura, para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica.

As diretrizes foram propostas a partir de elementos identificados durante a revisão bibliográfica, apresentada no capítulo 2 (Seleção tecnológica no processo de projeto de arquitetura) e no capítulo 3 (Exigências para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica), informações obtidas por meio de entrevistas com profissionais apresentadas no capítulo 4 (Práticas profissionais para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica) e também na experiência profissional da autora como projetista de arquitetura.

As diretrizes são apresentadas seguindo a lógica de desenvolvimento da dissertação, assim, primeiro são indicadas diretrizes voltadas para o processo de projeto de arquitetura, que inclui a organização da empresa de projeto que busca tomar decisões sobre tecnologias de VVE pautada em requisitos técnicos. A seguir, encontram-se diretrizes para identificar se o empreendimento está inserido em "nichos estratégicos" e se o "ambiente" para sua realização é favorável à adoção de tecnologias construtivas pré-fabricadas, de forma a atender às necessidades do empreendimento. Por fim, são apresentadas diretrizes para atendimento às exigências de desempenho, sustentabilidade, construtibilidade e legislação e normas técnicas a serem seguidas pelos projetistas de arquitetura.

5.1 DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE ARQUITETURA NA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VVE-EM

- I. Adotar uma metodologia de projeto de arquitetura, enquanto procedimento organizado, buscando racionalizar as atividades criativas, para responder a problemas cada vez mais complexos;
- II. Manter parcerias com fornecedores de elementos de vedação vertical externa, com o objetivo de obter informações; executar protótipos para aprovação das

alternativas de tecnologias de VVE pelos clientes; e, em alguns casos, desenvolver soluções inéditas para determinados projetos;

- III. Estabelecer, como procedimento interno do escritório, rotinas de busca por informações sobre o surgimento de produtos para vedações verticais externas no mercado;
- IV. Criar e manter atualizado um banco de dados, organizado por tecnologia de vedação vertical externa, com informações de: custo; dimensões; massa; parâmetros de desempenho e de sustentabilidade; detalhes construtivos; soluções de interfaces; procedimentos de execução; restrições ou limitações de uso da tecnologia (dificuldades de projeto, execução, fornecimento); patologias observadas após a ocupação. O arquiteto é protagonista na etapa de levantamento e avaliação de alternativas para seleção tecnológica, portanto, é fundamental que embase suas decisões em dados consistentes e atualizados;
- V. Incorporar dados geométricos e não geométricos dos fornecedores de elementos de vedações verticais externas à biblioteca de componentes da ferramenta BIM utilizada no escritório;
- VI. Identificar a necessidade de contratação de consultores ou projetistas especialistas (consultor em conforto ambiental, projetista de vedações, consultor de esquadria), conforme as exigências do projeto, e apresentá-las ao contratante no início do processo de projeto. Proceder com a contratação, sempre no início do processo de projeto, quando se tratar de escopo do projetista de arquitetura;
- VII. Conscientizar o contratante (proprietário e/ou incorporador) sobre a importância do desenvolvimento simultâneo dos projetos, baseado na colaboração e cooperação entre os agentes envolvidos desde as etapas iniciais do empreendimento;
- VIII. Adotar ferramenta BIM e esclarecer para o contratante (proprietário e/ou incorporador) a importância de que os demais projetistas também a utilizem, a fim de alcançar os benefícios com o uso da tecnologia;
- IX. Ampliar os serviços oferecidos pela empresa de projeto de arquitetura, incluindo no escopo dos projetos os "serviços específicos" e "serviços opcionais" (ASBEA, 2012) referentes à etapa de execução: análise de soluções alternativas, visitas a fornecedores, compatibilização de especificações entre fornecedores, orientação técnica para propostas de fornecedores, adaptação e alterações de projeto, acompanhamento técnico da obra, preparação de material para o Manual de Uso

Operação e Manutenção; e à etapa de uso, operação e manutenção: elaboração de As-Built (conjunto de desenhos conforme executado) e Avaliação Pós-Ocupação;

- X. Formar uma equipe focada em construtibilidade", nas empresas de projeto de arquitetura, responsável pela análise ou revisão de aspectos relativos à construtibilidade, ao longo do processo de projeto;
- XI. Buscar obter informações, para o banco de dados, referentes ao custo global das obras que tenham empregado estrutura metálica e elementos pré-fabricados de vedações verticais externas. Essa informação permitirá ao arquiteto esclarecer para o contratante (proprietário e/ou incorporador), nos próximos projetos, a potencial economia com custos indiretos promovidos pela pré-fabricação;
- XII. Estar aberto ao uso responsável de novas tecnologias de vedações verticais externas que tenham comprovado seu atendimento às exigências de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade.

5.2 DIRETRIZES PARA LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DE PROJETO QUE INFLUENCIAM NA SELEÇÃO TECNOLÓGICA DE VVE-EM

- I. Identificar se o empreendimento está inserido em "nichos estratégicos" para adoção de tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedações verticais externas:
 - Prazo restrito, com o objetivo de antecipar a entrega, operação e receita do empreendimento;
 - Maior controle sobre a qualidade da construção;
 - Dificuldade de acesso ao canteiro de obras;
 - Reduzida área de canteiro de obras e espaço para estocagem;
 - Possibilidade de desmontagem e montagem dos elementos de vedação vertical externa em outro local;
 - Possibilidade de ampliação e reforma da edificação com menor impacto para o usuário (exemplo: ampliações de áreas hospitalares em funcionamento).
- II. Identificar se o "ambiente" de realização do empreendimento é favorável à adoção tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedações verticais externas:

- Disponibilidade de recursos para investir em tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedações verticais externas;
 - Disponibilidade de recursos para contratação de consultores e projetistas especialistas de VVE;
 - Disponibilidade de recursos para realização de ensaios e simulações;
 - Cultura construtiva dos agentes envolvidos;
 - Abertura do empreendedor e do usuário à adoção de novas tecnologias.
- III. Identificar se as exigências que usualmente levam à escolha da estrutura metálica estão presentes no empreendimento em questão:
- Prazo restrito, com o objetivo de antecipar a entrega, operação e receita do empreendimento;
 - Exigência de baixa densidade de massa, em caso de reformas, para reduzir a sobrecarga na estrutura existente; ou no caso de construção nova, para reduzir as cargas nas fundações apoiadas sobre terreno com pouca resistência;
 - Dificuldade executiva devido às características do próprio edifício;
 - Dificuldade de acesso ao canteiro de obras;
 - Reduzida área de canteiro de obras e espaço para estocagem;
 - Possibilidade de desmontagem e montagem da estrutura em outro local;
 - Possibilidade de ampliação e reforma da edificação com menor impacto para o usuário (exemplo: ampliações de áreas hospitalares em funcionamento).
- IV. Identificar se o "ambiente" de realização do empreendimento é favorável à adoção de elementos pré-fabricados para além da estrutura metálica:
- Cultura construtiva dos agentes envolvidos;
 - Identificação de parcerias anteriores entre empreendedor e fornecedores de estrutura metálica;
 - Experiência dos projetistas de arquitetura e estrutura em projetos de edifícios com estrutura metálica.

5.3 DIRETRIZES PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO DE TECNOLOGIAS DE VVE-EM

- I. Estabelecer a VUP (Vida Útil de Projeto), previamente, e em comum acordo, com o incorporador e/ou proprietário, a fim de que essa definição oriente todo o processo do empreendimento. A ABNT NBR 15.575: 2013 - Parte 1 recomenda que a vedação vertical externa de edifícios habitacionais de padrão mínimo tenha uma VUP de pelo menos 40 anos;
- II. Registrar as exigências de desempenho para o empreendimento na documentação de projeto (Memorial Descritivo de Arquitetura), incluindo responsáveis e forma de comprovação do atendimento às exigências (OLIVEIRA; MITIDIERI, 2012);
- III. Especificar tecnologias construtivas que atendam ao desempenho mínimo;
- IV. Apresentar na documentação de projeto: especificações compatíveis com VUP, explicitando as atividades de manutenção consideradas; definições quanto às condições de exposição e uso previstas para o empreendimento; especificações contendo características de desempenho de cada elemento e/ou sistema; indicação das simulações e dos ensaios a serem efetuados na fase de projeto;
- V. Atender às premissas de projeto para cada um dos requisitos da ABNT NBR 15.575: 2013 para vedações verticais externas (Quadro 6), no caso de edifícios habitacionais. Para demais tipos de edifícios, deve ser feita uma análise da norma a fim de identificar os requisitos pertinentes a serem atendidos;
- VI. Identificar e listar tecnologias construtivas de vedações verticais externas com potencial para atender aos requisitos de desempenho, o que pode ser identificado solicitando-se ao fornecedor da tecnologia resultados de ensaios de avaliação técnica feita por laboratórios especializados (OLIVEIRA; MITIDIERI, 2012);
- VII. Realizar a seleção tecnológica das vedações verticais externas com equipe multidisciplinar (incluindo projetistas especialistas, fornecedores e construtores) (OLIVEIRA; MITIDIERI, 2012);
- VIII. Incorporar ao projeto de arquitetura as informações do fornecedor da tecnologia de vedação vertical externa: parâmetros de desempenho, detalhamento, soluções de interfaces, restrições ou limitações de uso da tecnologia, procedimentos de execução e outras informações que influenciem no comportamento em uso da tecnologia (OLIVEIRA; MITIDIERI, 2012).

5.4 DIRETRIZES PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DE SUSTENTABILIDADE DE TECNOLOGIAS DE VVE-EM

- I. Adotar estratégias passivas de conforto ambiental para implantação do edifício, como orientação solar, sombreamento e aproveitamento da ventilação e iluminação natural;
- II. Utilizar dados das simulações de consultores de conforto ambiental nas soluções do projeto de arquitetura;
- III. Adotar o conceito de desmaterialização nos projetos de arquitetura, por meio de:
 - soluções mais duráveis, como espaços flexíveis, que admitam ampliações e reformas futuras. Algumas características que conferem flexibilidade aos espaços são: pé direito alto; grandes vãos estruturais; *shafts* com folga para receber futuras instalações; previsão de sobrecarga maior do que a mínima estabelecida por norma; vedações verticais internas de fácil remoção; e componentes de vedação vertical externa coordenados modularmente (intercambialidade de componentes);
 - especificação de produtos duráveis (maior vida útil);
 - escolha de tecnologias de vedação vertical externa de fácil remoção e com baixa densidade, a fim de reduzir: a massa do subsistema; a demanda por agregados e aglomerantes; a carga exercida sobre a estrutura; e a quantidade de resíduos gerados após o tempo de vida útil.
 - escolha de tecnologias construtivas pré-fabricadas para vedação vertical externa, que facilitem modificações na edificação ao longo do tempo e possibilitem reuso ou reciclagem após demolição.
- IV. Buscar informações sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de tecnologias de vedação vertical externa, com o objetivo de conhecer seus efeitos ambientais, desde a extração de matérias-primas até a disposição final dos seus resíduos;
- V. Utilizar informações levantadas sobre Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de tecnologias de vedação vertical externa, confrontando os parâmetros de sustentabilidade com as demais exigências para o empreendimento;
- VI. Especificar elementos de vedação vertical externa constituídos por materiais com baixo impacto ambiental (por exemplo, materiais de reuso, com conteúdo reciclado ou rapidamente renovável; materiais regionais; madeira certificada ou de reflorestamento; tintas com baixa toxicidade, etc.);

- VII. Adotar estratégia de uso de materiais de ciclo fechado em edifícios (*Closed-loop material strategy in buildings*), por meio de:
- Soluções de projeto que possibilitem a desconstrução dos edifícios ao final da vida útil;
 - Adoção de tecnologias construtivas que sejam desmontáveis (com ligações executadas por meio de fixações mecânicas) e constituídas de materiais recicláveis;
 - Emprego de elementos pré-fabricados, que evitam VOC's (compostos orgânicos voláteis) e permitem a substituição dos elementos ao final da vida útil ou quando houver necessidade de reparos.
- VIII. Adotar princípios e estratégias de *Projeto para Desmontagem e Construtibilidade* (CROWTHER, 2002; SMITH, 2010) no projeto de arquitetura:
- Adoção de coordenação modular;
 - Identificar se a malha modular da estrutura é adequada à modulação usual de elementos de vedação vertical externa;
 - Minimizar o número de tipos diferentes de elementos de vedação vertical externa;
 - Adoção de elementos de vedação vertical externa intercambiáveis;
 - Identificar se há disponibilidade de empresas especializadas e equipamentos para montagem de elementos de vedação vertical externa no local da obra;
 - Utilização de elementos de vedação vertical externa projetados (com previsão de pontos) para permitir sua movimentação na montagem e desmontagem;
 - Previsão de tolerâncias realistas para permitir o movimento dos elementos de vedação vertical externa durante a desmontagem;
 - Definição em projeto de juntas e conectores que suportem a repetição de processos de montagem e desmontagem dos elementos de vedação vertical externa;
 - Adoção de elementos de vedação vertical externa que possibilitem a desmontagem em paralelo, em vez de desmontagem sequencial;
 - Fornecimento de elementos de vedação vertical externa adicionais para serem armazenados no local (em caso de substituição);
 - Realizar, em parceria com o fornecedor, a documentação de todas as informações sobre a produção e montagem elementos de vedação vertical

externa, a fim de assegurar o conhecimento e a preservação do conceito de "projeto para desmontagem".

5.5 DIRETRIZES PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DE CONSTRUTIBILIDADE DE TECNOLOGIAS DE VVE-EM

- I. Projetista de arquitetura deve trazer o conhecimento sobre a execução de obras, fruto das observações em visitas técnicas, para a fase de projeto, quando podem ser obtidos os maiores benefícios para o empreendimento;
- II. Criar detalhes construtivos que possibilitem simplificar, padronizar e facilitar as atividades de execução;
- III. Utilizar dados provenientes das operações construtivas e considerar que a solução ótima de projeto é a de maior construtibilidade;
- IV. Buscar adotar tecnologias de vedação vertical externa que possibilitem o fechamento antecipado da edificação (execução em paralelo à montagem da estrutura metálica), permitindo a proteção contra intempéries e a execução dos serviços em seu interior;
- V. Definir como a tecnologia de vedação vertical externa pode impactar o sistema de transporte vertical da obra;
- VI. Prever detalhes nos elementos de vedação vertical externa para admitir a movimentação da estrutura metálica, como furos oblongos;
- VII. Detalhar as juntas nos encontros dos elementos de vedação vertical externa com estrutura, vedações internas e cobertura. Se os elementos de vedação vertical externa estiverem posicionados por fora da estrutura metálica, eliminam-se juntas na fachada entre essas duas partes do edifício;
- VIII. Compatibilizar o projeto de arquitetura com as demais disciplinas, a fim de detectar interferências ainda na fase de projeto (a utilização de ferramentas BIM facilita a atividade de compatibilização);
- IX. Realizar a revisão de construtibilidade, ao longo do processo de projeto, passando o projeto por análise crítica da engenharia de produção com vistas a identificar possíveis problemas de construtibilidade;
- X. Projetar seguindo os princípios da Coordenação Modular, por meio de:
 - Adoção do maior número de espaços modulares, agrupando e reduzindo ao mínimo o espaço não modular;

- Definição dos vãos horizontais, verticais, fechados ou abertos, com medidas modulares, considerando os devidos ajustes modulares para a montagem dos componentes na obra;
- Definição e dimensionamento dos elementos de vedação vertical externa com medidas nominais modulares ou multimodulares;
- Verificação com o fabricante sobre o grau de precisão com que são produzidos os elementos de vedação vertical externa;
- Definição da tolerância em relação à dimensão básica dos elementos de vedação vertical externa;
- Definição das medidas modulares mais usuais para os elementos de vedação vertical externa, considerando: flexibilidade de combinações e dimensões; e número reduzido de tipos de elementos com dimensões diferentes;
- Posicionamento dos elementos de elementos de vedação vertical externa no sistema de referência, ocupando os espaços modulares de coordenação definidos pelo reticulado espacial e pelas quadrículas modulares;
- Detalhamento dos elementos de vedação vertical externa, incluindo seu posicionamento em relação ao reticulado espacial modular de referência, indicando as juntas necessárias, a união com os componentes adjacentes e os possíveis ajustes modulares.

5.6 DIRETRIZES PARA ATENDIMENTO ÀS EXIGÊNCIAS DE LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS DE TECNOLOGIAS DE VVE-EM

- I. Dimensionar as aberturas para aeração e insolação dos compartimentos internos do edifício. Tomando como referência a legislação do Município de São Paulo, vigoram: Lei 11.228 (Código de Obras e Edificações) de 25 de junho de 1992 e Decreto nº 32.329 de 23 de setembro de 1992. Quando não houver exigências de ordem legal, para o local de implantação da obra, devem ser adotados os valores indicados na Norma de Desempenho (Tabela 7);
- II. Atender às exigências de proteção contra incêndio. Tomando como referência a legislação do Estado de São Paulo, vigoram: o Decreto Estadual nº 56.819, de 10 de março de 2011 (Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco) e as Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros da Polícia

Militar do Estado de São Paulo (especificamente para as vedações verticais externas, a Instrução Técnica nº 09/2011 - Compartimentação horizontal e compartimentação vertical).

- III. Prever compartimentação horizontal e vertical conforme recomendações da Instrução Técnica nº 09/2011 (Quadro 11).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 RESULTADOS ALCANÇADOS

Motivada pelo incômodo de observar os edifícios em estrutura metálica sendo vedados externamente com tecnologias construtivas tradicionais, que, a princípio, não são compatíveis com o ritmo de produção dos componentes estruturais pré-fabricados, buscou-se, primeiro, entender como ocorre a seleção tecnológica de VVE no projeto de arquitetura para, em seguida, propor formas de estimular o emprego de tecnologias mais industrializadas. Assim, a partir da revisão bibliográfica, de entrevistas com profissionais e da própria experiência profissional da autora como projetista de arquitetura, foi possível traçar um panorama de como se dá a definição dessas vedações no projeto de arquitetura. Entendendo-se que foram atingidos os objetivos específicos deste trabalho: *"caracterizar como ocorre a seleção tecnológica no processo de projeto de arquitetura; e identificar exigências relacionadas a desempenho, sustentabilidade e construtibilidade para seleção tecnológica"*, assim como seu objetivo principal: *"propor diretrizes para seleção tecnológica de vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica (VVE-EM), para o desenvolvimento do projeto de arquitetura, considerando os objetivos do empreendimento e as exigências relacionadas a desempenho, sustentabilidade e construtibilidade"*. Acredita-se que muitas das diretrizes propostas para seleção tecnológica de VVE seriam aplicáveis a outras soluções estruturais, além da estrutura metálica, em um processo construtivo que vise à industrialização.

Destaca-se aqui o primeiro grupo de diretrizes, focado na organização da empresa de projeto, para que seja mais criteriosa na escolha da tecnologia de VVE quando o edifício é produzido com estrutura metálica. A realização de entrevistas presenciais foi importante, também, para permitir a percepção de como as empresas de projeto posicionam-se frente à pouca integração entre os agentes envolvidos na produção de edifícios. Uma das empresas destacou-se por buscar reverter este problema, assumindo uma postura ativa ao estabelecer parceria com o fabricante, o que possibilitou o desenvolvimento, em conjunto com o consultor de esquadrias, de soluções para VVE específicas para as necessidades do projeto.

Acredita-se que o problema de baixa remuneração dos projetos de arquitetura, apontado pelos profissionais entrevistados, pode estar relacionado a problemas de

qualidade observados nos projetos fornecidos (por exemplo, baixa construtibilidade), que não informam, de fato, como o edifício deve ser construído. Por isso, há destaque para a diretriz que recomenda que as empresas de projeto de arquitetura ampliem os serviços oferecidos, de forma que haja participação efetiva nas fases de execução. A real participação do arquiteto na etapa de execução permitirá a este profissional preencher uma lacuna verificada durante a realização deste trabalho: a compatibilização dos projetos de fornecedores contratados durante a produção do edifício, incluindo fornecedores de estrutura metálica e elementos de vedação vertical externa. Além disso, a participação do projetista de arquitetura durante a produção do edifício trará informações para melhoria das soluções arquitetônicas dos próximos projetos. Acredita-se que a participação do arquiteto em todo o processo de realização do empreendimento poderá levar à valorização da profissão. O estudo das exigências de desempenho e da legislação permitiu observar a tendência de não restringir ao uso de determinadas tecnologias construtivas. Pelo contrário, observa-se, em diversas normas e documentos técnicos, a abertura ao uso de tecnologias construtivas não tradicionais, desde que seu comportamento em uso seja testado e aprovado em seu conjunto, atendendo às exigências estabelecidas em norma ou na legislação vigente. Vislumbra-se aqui um avanço, capaz de incentivar a utilização de tecnologias construtivas pré-fabricadas nas vedações verticais externas dos edifícios.

Outro aspecto relacionado ao atendimento às exigências de desempenho remete à especificação de materiais e componentes. Trata-se de uma mudança na forma de especificar em projeto de arquitetura, pois se passa a especificar por desempenho. Essa diretriz é, particularmente, importante nos casos de empreendimentos em que a fase de projeto está distante, no tempo, em relação à fase de execução, ou seja, o risco de haver alterações de especificação para determinado componente ou elemento é maior. Porém, se a especificação tiver sido realizada por desempenho, na época da execução, será possível verificar quais produtos adéquam-se à especificação do projetista de arquitetura.

As diferentes opiniões dos entrevistados quanto ao consumo energético decorrente da adoção de fachadas envidraçadas revela a importância de que os agentes da cadeia produtiva de edifícios estejam cientes sobre o impacto ambiental gerado pela seleção tecnológica desse elemento. Nesse sentido, é muito útil o desenvolvimento de estudos sobre Análise do Ciclo de Vida para tecnologias de VVE, assim como a

iniciativa do CBCS de criar uma plataforma de informações com indicadores de sustentabilidade de materiais, produtos e componentes. Cabe ao projetista de arquitetura acompanhar a evolução dessas informações para utilizá-las em seus projetos.

Identificou-se que a coordenação modular não é uma realidade no desenvolvimento de projetos das empresas com as quais se realizaram as entrevistas. Os entrevistados argumentam que as dimensões do espaço são prioritárias. Porém, há estudo (FREIRE, 2006) demonstrando como pequenas alterações nas dimensões dos espaços, a fim de convertê-las em medidas modulares, são capazes de racionalizar o projeto e a execução, sem prejudicar as características arquitetônicas do produto. Portanto, em primeiro lugar, é necessário desmistificar que a coordenação modular restringe o processo criativo de projeto; depois, os arquitetos devem assimilar os princípios da coordenação modular; e, por fim, aplicá-los desde o início nos projetos.

O tema da coordenação modular está relacionado à pré-fabricação e à tecnologia BIM. Pode-se dizer que as ferramentas BIM são facilitadoras do desenvolvimento de projetos com pré-fabricados, uma vez que a construção do modelo virtual é dada pela montagem e junção de elementos, tal como ocorre na construção de um edifício com pré-fabricados. Porém, faz-se ainda mais necessária, nestes projetos, a adoção de princípios de coordenação modular para atendimento às exigências de construtibilidade e alcance dos benefícios da pré-fabricação.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Sugerem-se as seguintes pesquisas para trabalhos futuros:

- Estudos sobre modelos de contrato entre fabricantes e construtores, com o objetivo de antecipar sua participação no processo de projeto, particularmente, nos casos de empreendimentos voltados para promoção pública e obra sob encomenda, quando, dificilmente, há contratação desses agentes em fase de projeto;
- Análise do ciclo de vida para tecnologias construtivas pré-fabricadas de vedação vertical externa;

- Exercícios de projeto ou estudos de caso que adotem princípios de coordenação modular em projeto com tecnologias construtivas pré-fabricadas de VVE, utilizando ferramentas BIM, a fim de identificar:
 - ganhos de produtividade (projetos entregues com eficiência, no prazo, mantendo bom fluxo de trabalho) em empresas de projeto de arquitetura;
 - benefícios para a fase de produção, com exemplos de racionalização dos processos construtivos e índices de redução de desperdícios de recursos.
- Desenvolvimento de uma plataforma de informações sobre tecnologias construtivas pré-fabricadas, incluindo de vedações verticais externas, onde os dados (custo; dimensões; massa; parâmetros de desempenho e de sustentabilidade; detalhes construtivos; soluções de interfaces; restrições ou limitações de uso da tecnologia; procedimentos de execução; observações sobre a implantação da tecnologia) possam ser inseridos e utilizados pelos diversos agentes envolvidos na produção de edifícios no Brasil;
- Divulgação das diretrizes junto a entidades do setor de arquitetura e construção civil (por exemplo, a Asbea), com promoção de workshops e debates em torno do tema de seleção tecnológica de VVE-EM, para validação das diretrizes e seu aperfeiçoamento.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V.; GOLDEMBERG, J. (Coord.). **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011. v. 5. (Série Sustentabilidade).

[...] Arquitetura que constrói o lugar. **Projeto Design**, São Paulo, n. 418, p. 63-71. 2015.

ASBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura). **Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho**. São Paulo, 2015, 54 p. Disponível em: <<http://www.asbea.org.br/asbea/assuntos/manuais.asp>> Acesso em: 18 set. 2015.

_____. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Arquitetura e Urbanismo**. 2. ed. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.asbea.org.br/asbea/assuntos/manuais.asp>> Acesso em: 15 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006. 59 p.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — Desempenho — Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013. 71 p.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais — Desempenho — Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013. 63 p.

_____. **NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010. 9 p.

BARROS, M. M. S. B. de; SABBATINI, F. H. **Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2003. 24 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP).

BESSA, V. M. T. **Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios**. 2010. 263 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BEZELGA, Artur; MACEDO, João Paulo; MENEZES, Elvira Telles de. Avaliação da qualidade e economia de projetos de habitação e sistemas construtivos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM HABITAÇÃO DA PESQUISA À PRÁTICA, 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1987, p.749-760.

BISELLI, M. Teoria e prática do partido arquitetônico. **Vitruvius**, ano 12, 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.134/3974>> Acesso em : 20 jul. 2015.

CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável). **Impactos da Construção**. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/construcaosustentavel/introducao.php>> Acesso em: 15 dez. 2015.

CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção). **Desenvolvimento com sustentabilidade**. 2011. 30 p. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Programa-Construcao-Sustentavel.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2015.

CBIC-SENSUS (Câmara Brasileira da Indústria da Construção - Instituto Sensus). **A Inovação na Construção Civil no Brasil sob a Ótica do Consumidor**. 2014. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/inovacao-na-construcao-civil-no-brasil-sob-a-otica-do-consumidor>> Acesso em: 18 fev. 2015.

CROWTHER, Philip. Design for buildability and the deconstruction consequences. In: CIB TASK GROUP 39 – DECONSTRUCTION MEETING, 2002. Karlsruhe. **CIB Publication, n. 272**. Karlsruhe: University of Karlsruhe; Florida: University of Florida, 2002, p. 6-14.

CII - Construction Industry Institute, Texas. Disponível em: <<https://www.construction-institute.org/>> Acesso em: 15 dez. 2015.

DÂNICAZIPCO, São Paulo. Apresenta informações e imagens de painel metálico isolante. Disponível em: <<http://www.danicacorporation.com/>> Acesso em: 15 jun. 2015.

DE PAULA, N.; UECHI, M. E.; MELHADO, S. B. Novas demandas para as empresas de projeto de edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 137-159, 2013.

DIREITO, J. F. **Estudo da segurança contra incêndio em fachadas ventiladas**. 2011. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2011.

EASTMAN, C. **Report on integrated practice**. American Institute of Architects, 2006, 16 p.

EASTMAN, C. et al. **The BIM handbook**. 1. ed. Wiley&Sons, 2008, 504 p.

EMMIT, S. **Design management in architecture, engineering and construction: origins and trends**. Universidade de São Paulo. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, 2010.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 350 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. O papel do projeto para produção na construção de edifícios. In: ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAU/USP, 1998. CD-ROM

_____. Por um processo de projeto simultâneo. In: II WORKSHOP NACIONAL: GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC/RS – UFSM – EESC/USP, 2002. CD-ROM.

FONTENELLE, J. H. **Sistema de fixação e juntas em vedações verticais constituídas por placas cimentícias**: estado da arte, desenvolvimento de um sistema e avaliação experimental. 2012. 219 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FRANCO, L. S. **Vedações verticais: conceitos básicos**. Notas de aula - Escola Politécnica Universidade Federal Bahia, Departamento Tecnologia da Construção Civil. 2010. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/>> Acesso em: 20 jan. 2015.

FRANCO, L. S.; AGOPYAN, V. **Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto**. São Paulo: EPUSP, 1993. 21 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP).

FREIRE, A. M. V. **Coordenação modular de projetos como ferramenta para a racionalização da construção**. 2006. 139 p. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GIRMSCHIED, G.; SCHEUBLIN, F. (Eds.). New Perspective in Industrialisation Construction – A State-of-the-Art Report. . In: CIB TASK GROUP 57 ON INDUSTRIALISATION IN CONSTRUCTION, 2004. **CIB Publication, n. 329**. Zürich: IBB, 2010, p. 1-431.

GONDIM, I. A. **Modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas**. 2007. 180 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GODOI, B. C. S. **Requisitos de sustentabilidade para o desenvolvimento de projetos residenciais multifamiliares em São Paulo**. 2012. 210 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P.E. Qualidade: cada erro tem seu preço. Tradução de: V.M.C.F. Hachich. **Téchne**, n.1, p.32-4, Nov./Dec. 1992.

JAILLON, L.; POON, C. S. Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong. **Automation in Construction**, v. 39, p. 195–202, 2014.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais**. Projeto Finep - Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo. 2007. 58 p. (Documento 2.4).

JORGE, L. O. **Estratégias de flexibilidade na arquitetura residencial Multifamiliar**. 2012. 511 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

KNAUF do Brasil, Rio de Janeiro. Apresenta informações e imagens de vedações com estruturas leves de aço (*light steel framing*). Disponível em:< <http://knauf.com.br/>> Acesso em: 17 nov. 2014.

KOWALTOWSKI et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, 2006.

L+M GETS, São Paulo. Apresenta informações e imagens sobre empreendimentos e sobre o produto "Cubin" (módulos pré-fabricados de espaços de saúde). Disponível em:< <http://lmgets.com.br/>> Acesso em: 05 nov. 2015.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MAHFUZ, E. C. **Ensaio sobre a razão compositiva**: Uma investigação sobre a natureza das relações entre as partes e o todo na composição arquitetônica. Belo Horizonte: AP Cultural, 1995.

MASCARÓ, L. E. R. Coordinación modular? Qué es? **Summa**, Buenos Aires, n. 103, p. 20-21, ago. 1976.

MASETTI, P. E.; VATOVEC, M.; PARKER, P. E. Façade Attachments: Who is Designing Them? **Structure Magazine**, p. 34-36, 2013. Disponível em: <<http://www.structuremag.org/?p=382>> Acesso em : 15 mai. 2015.

MAXHAUS, São Paulo. Apresenta informações e imagens sobre o empreendimento MaxHaus. Disponível em:< <http://maxhaus.com.br/>> Acesso em: 15 set. 2015.

MEDEIROS, J. S. et al. **Tecnologias de vedação e revestimento para fachadas**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA, 2014. 128p.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**. 1994. 310 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B. et al. O processo de projeto e sua gestão. In : **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MÉTODO Engenharia, São Paulo. Apresenta informações e imagens de empreendimentos. Disponível em:<<http://www.metodo.com.br/>> Acesso em: 11 dez. 2015.

OLIVEIRA, L. A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. 2009. 267 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, L. A.; MITIDIERI FILHO, C. V. O projeto de edifícios habitacionais considerando a norma brasileira de desempenho: análise aplicada para as vedações verticais. **Revista Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 7, n. 1, p. 90-100, 2012.

OLIVEIRA, L. A.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2003. 22 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP).

OLIVEIRA, L. A.; MELHADO, S. B.; MITIDIERI FILHO, C. V. Seleção tecnológica baseada em requisitos de desempenho e de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013, p. 1-11.

[...] Palafita da tecnologia segue o ritmo das águas. **Projeto Design**, São Paulo, n. 384, p. 50-55. 2012.

PIRATININGA Arquitetos Associados, São Paulo. Apresenta informações e imagens de empreendimentos. Disponível em: <<http://www.piratininga.com.br/>> Acesso em: 05 out. 2015.

RIBEIRO, S. G. **Metodologia para validação de projetos baseada na análise de Construtibilidade**. 2005. 167 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. 321 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

_____. A Industrialização e o progresso de produção de vedações: Utopia ou elemento de compatitividade empresarial?. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1. São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP/PCC, 1998, p. 1-19.

SÃO PAULO (Município). Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992. Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo. Imprensa Oficial (Estado), Imesp, 1996.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 56.819, de 10 de março de 2011. Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco. São Paulo, v. 121, n.46, 2011.

_____. Instrução Técnica nº 09/2011 – Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. Corpo de Bombeiros. São Paulo. 2011.

SILVA, M. A. C. **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil**. 1996. 356 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SMITH, R. E. **Prefab architecture**: a guide to modular design and construction. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010. 366 p.

SOUZA, J. S. **Metodologia de Análise e Seleção de Inovações Tecnológicas na Construção de Edifícios**: Aplicação para a vedação vertical de gesso acartonado. 2003. 205 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

STAMP Painéis Arquitetônicos, São Paulo (Barueri). Apresenta informações e imagens de painel pré-fabricado de concreto. Disponível em: <<http://www.stampffa.com.br/>> Acesso em: 16 jun. 2015.

TAM, V. W. Y. et al. Towards adoption of prefabrication in construction. **Building and Environment**, v. 42, n. 10, p. 3642-3654, 2007.

TECNOFEAL Esquadrias de Alumínio, São Paulo. Apresenta informações e imagens de sistemas de vedação de fachadas com esquadrias de alumínio e vidro. Disponível em: <<http://www.tecnofeal.com.br/>> Acesso em: 16 jun. 2015.

TEIXEIRA, R.; STARLING, C.; ANDERY, P. Contribuição ao estudo do processo de projeto de edifícios em construções metálicas: contratação e definições. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 3, n. 1, p. 1-43, 2008.

TISHMAN Speyer, São Paulo. Apresenta informações e imagens de empreendimentos. Disponível em: <<http://tishmanspeyer.com.br/>> Acesso em: 21 nov. 2015.

UNEP (United Nations Environment Programme). **Buildings and climate change**: summary for decision-makers. Milan: UNEP, 2009. 56 p. Disponível em: <<http://www.unep.org/sbci/pdfs/sbci-bccsummary.pdf>> Acesso em: 17 mar. 2015.

VOLKER, L.; KLEIN, R. Architect participation in integrated project delivery: the future mainspring of architectural design firms? **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 5, n. 3, p. 39-58, 2010.

WEBER THOMPSON, Seattle. Apresenta informações e imagens de projetos de madeira laminada cruzada. Disponível em: <<http://weberthompson.com/blog/2013/06/tall-wood-buildings-have-a-promising-future-with-clt/>> Acesso em: 13 abril. 2014.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future**. United Nations General Assembly. 1987. Disponível em: < <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2015.

WTORRE, São Paulo. Apresenta informações e imagens de empreendimentos. Disponível em:< <http://www.wtorre.com.br>> Acesso em: 25 nov. 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZANETTINI ARQUITETURA, São Paulo. Apresenta informações e imagens de empreendimentos. Disponível em:< <http://www.zanettini.com.br>> Acesso em: 17 nov. 2015.

APÊNDICE A - Roteiro para entrevista

1ª parte

Sobre a experiência com projetos de edifícios em estrutura metálica:

- a) Poderia me falar, resumidamente, sobre sua experiência com projetos de edifícios em estrutura metálica?
- b) Quais tecnologias para vedações verticais externas (VVE) você já utilizou em seus projetos com estrutura metálica?
- c) Você vê razões para a substituição da tecnologia de alvenaria de blocos em vedações verticais externas de edifícios em estrutura metálica (VVE-EM)?

2ª Parte

Sobre a etapa de seleção tecnológica de VVE no projeto de edifícios construídos em estrutura metálica:

- a) Quais eram os objetivos do cliente para este empreendimento? Quais as restrições?
- b) Você poderia relacionar quais razões levaram à escolha da estrutura metálica neste projeto?
- c) Você poderia relacionar quais razões levaram à seleção tecnológica de VVE neste projeto?
- d) Como as exigências de desempenho das VVE foram consideradas (*)?
(desempenho estrutural; segurança contra incêndio; estanqueidade; durabilidade e manutenibilidade)
- e) Como as exigências de sustentabilidade das VVE foram consideradas (*)?
(ex.: adoção de materiais com menor impacto ambiental; especificação de componentes para conforto térmico e acústico; redução da geração de resíduos com projeto visando à modulação e ao desmonte)
- f) Como as exigências de construtibilidade das VVE foram consideradas (*)?
(ex.: modularidade do projeto; redução de tipos diferentes de elementos pré-fabricados; especificação de elementos que adotem técnicas de montagem; previsão de tolerâncias para movimentação dos elementos; definição em projeto das juntas e conectores)

g) Como ocorreu o processo de tomada de decisão pela tecnologia de VVE?
Quem esteve envolvido na discussão? Em que momento do projeto ocorreu a seleção tecnológica para VVE?

(*) Se possível, a apresentação de informações gráficas (como detalhes construtivos, vistas da fachada, relatórios de conforto, etc.) irá auxiliar a demonstrar na pesquisa como o projeto atendeu às exigências de desempenho, sustentabilidade e construtibilidade.

3ª Parte

Sobre a implantação em projeto da tecnologia para VVE:

- a) Uma vez decidida a tecnologia para VVE-EM, qual foi o produto entregue pelo arquiteto para a execução desse subsistema?
- b) Como foi o processo de desenvolvimento do projeto? Houve parcerias com consultores ou com fabricantes?
- c) Houve um projeto para produção de VVE? Ele foi compatibilizado com o projeto de arquitetura?
- d) O arquiteto participou da fase de construção?

4ª Parte

Análise crítica:

- a) Quais barreiras você identifica para a adoção mais frequente de tecnologias pré-fabricadas em VVE-EM?
- b) Qual papel você acredita que o arquiteto exerça na definição da tecnologia para VVE? Como ele pode influenciar na industrialização da construção?

APÊNDICE B - Transcrição das entrevistas

Quadro 15 - Mercado de atuação das empresas foco da pesquisa e tempo de experiência profissional dos profissionais entrevistados

Empresa de Projeto de Arquitetura	Principal mercado de atuação	Arquitetos entrevistados	Tempo de experiência profissional
Empresa A	construção para incorporação	Arquiteto 1	10 - 20 anos
		Arquiteto 2	10 - 20 anos
Empresa B	obras sob encomenda	Arquiteto 3	Mais de 20 anos
		Arquiteto 4	5 - 10 anos
Empresa C	promoção pública / obras sob encomenda	Arquiteto 5	Mais de 20 anos
		Arquiteto 6	5 - 10 anos
Empresa D	obras sob encomenda	Arquiteto 7	10 - 20 anos

Fonte: do autor

* O incorporador entrevistado está identificado antes dos registros das entrevistas por "Incorporador".

1) Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de estrutura metálica

a) Redução de prazo e antecipação da entrega/ operação/ receita

Incorporador: A estrutura metálica vem ocupar nichos estratégicos que apresentem máximas dificuldades. Por exemplo, em um projeto de hotel próximo ao aeroporto de Guarulhos, havia a necessidade de iniciar a operação em 16 meses, caso contrário, o cliente perderia a concessão. O hotel foi construído em estrutura metálica. Ficou mais caro, porém, o cliente não perdeu a concessão.

Empresa C: Em geral, os projetos em estrutura metálica são propostos para obter agilidade no tempo de execução, quando existe restrição de prazo.

Empresa B: O Projeto do Hospital Mater Dei, em Belo Horizonte, foi uma obra com "escala" e que interessava o retorno rápido (antecipação da entrega/ operação/receita).

Empresa B: O projeto do Shopping Diamond Mall (Belo Horizonte - MG) tinha como premissa inaugurar antes do período de vendas para o Natal. O edifício tinha sido concebido em estrutura de concreto convencional, com previsão de término da obra no meio do ano. Para reduzir o prazo de obra, sugeri a transformação do sistema estrutural de concreto por estrutura metálica. Conseguimos uma redução de aproximadamente 7 meses no prazo de execução.

b) Exigência de baixa densidade de massa da estrutura

Empresa D: No Sítio Libanês, a estrutura metálica foi adotada porque já existia um edifício sobre o qual o hospital seria ampliado. Portanto, havia uma sobrecarga máxima (para estrutura existente). Para utilizar o potencial máximo construtivo, adotou-se a estrutura metálica.

Empresa C: O Projeto do Laboratório de Biodiversidade (Belém - PA) está localizado em um terreno com nível do lençol freático alto. Há água embaixo desse museu. Apesar do custo da estrutura metálica ser maior, haverá economia nas fundações, porque o edifício será muito mais leve.

c) Complexidade da estrutura

Incorporador: Na obra do Parque Marítima (Rio de Janeiro - RJ), foi adotada estrutura metálica devido à complexidade da estrutura. O projeto é do Arq. Norman Foster e conta com um balanço de 22 metros. O custo seria muito maior para escorar esta estrutura, caso fosse executada com concreto.

d) Logística imposta pelo local da obra

Incorporador: Houve um empreendimento na Av. Paulista (São Paulo - SP), que foi construído em estrutura metálica, pois havia dificuldade de acessar o local com caminhões de concreto durante o dia. Então, os perfis metálicos chegavam de madrugada e eram içados. Foi possível executar bem rápido essa obra na Av. Paulista.

Empresa C: O Projeto do Laboratório de Biodiversidade (em colaboração com Paulo Mendes da Rocha), com 40.000m² de construção em estrutura metálica, está localizado no meio da floresta amazônica (Belém - PA). O projeto traz o conceito de um museu da biodiversidade sobre palafitas. Optamos por estrutura metálica para

que o processo construtivo fosse baseado em montagem. Seria uma loucura montar um canteiro para concretar um edifício como esse. Essa estrutura vai chegar por barco, balsa.

e) Cultura construtiva (e promoção da imagem) da empresa

Empresa A: Temos um cliente, que atua como incorporador e construtor, que explora a imagem do edifício alto construído em estrutura metálica.

Incorporador: O Concórdia Business Tower (Belo Horizonte - MG) poderia ser construído em concreto, normalmente até seria, mas como um dos investidores é fornecedor de estrutura metálica, este foi o sistema estrutural adotado para o edifício.

Empresa D: Já projetei edifícios com estrutura metálica na Centro Empresarial Senado (Rio de Janeiro - RJ) e no WTorre Nações Unidas (São Paulo - SP). Nestes casos, foi utilizada a estrutura mista, por sugestão da construtora, que gosta de trabalhar assim.

f) Precisão dimensional

Incorporador: A estrutura metálica apresenta uma grande vantagem: a precisão dimensional. A tolerância da estrutura metálica é de 5mm. É possível encomendar a fachada a partir do projeto, principalmente agora com processos em BIM.

g) Tipo de edifício

Empresa B: Alguns tipos de edifícios são ideais para serem construídos em estrutura metálica. Nas garagens, por exemplo, é possível reduzir seções e obter vãos maiores com a estrutura metálica.

Empresa D: Para hospitais, preferimos a estrutura convencional reticulada de concreto, devido à maior facilidade para furação em laje (fixação de estativas, régua, etc.). Se a estrutura for metálica, é preciso estar sempre reforçando na região dos furos.

h) Razões comerciais

Empresa A: No edifício WTorre Morumbi, o cliente optou por repetir a mesma parceria com um fornecedor de estrutura metálica, com quem já havia trabalhado anteriormente.

2) Fatores que influenciaram na seleção tecnológica de VVE pré-fabricada

a) Redução de prazo e antecipação de entrega-operação-receita

Empresa C: A construção da Biblioteca Central da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (Campinas - SP) teve prazo muito reduzido. Entre projeto e obra, a duração foi de 8 meses. Foi necessária agilidade, garantida tanto pela adoção da estrutura metálica, quanto pelas vedações em painéis de concreto.

Empresa D: A escolha da VVE depende do seu custo. Porém, hoje o empreendedor vê os ganhos de entregar antes e não somente o custo "na ponta do lápis".

b) Escala do projeto associada à redução de prazo

Empresa B: No Projeto do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), havia limitação de prazo para construção (2 anos). O projeto foi desenvolvido em 18 meses.

A escala do projeto mostrava que deveria adotar o caminho da industrialização da construção. Foi adotada estrutura metálica e painel de concreto pré-moldado (Stamp) em vista de um processo mais industrializado.

c) Qualidade do acabamento

Empresa A: Para os arquitetos, quanto mais pré-fabricada for a fachada, melhor. A qualidade do acabamento é superior, há um maior controle sobre a qualidade da execução.

No empreendimento FL 4300 (São Paulo - SP) foram especificadas: fachada unitizada (ACM+granito+vidro) no bloco corporativo; e fachada revestida com argamassa e pintura no bloco de salas comerciais. Este bloco deveria ter um custo mais baixo do que o bloco corporativo. Ao final da obra, era possível comparar a qualidade de acabamento entre as tecnologias adotadas e observar as vantagens da

pré-fabricação. O bloco de salas comerciais apresentou problemas de execução como parte do silicone pintado, respingos, desalinhamentos.

Essa qualidade do acabamento é importante para a satisfação dos clientes e para a imagem do escritório frente ao mercado.

d) Tipo de sistema estrutural

Incorporador: Após a alvenaria estrutural, a construção de edifícios com estrutura reticulada permitiu um novo enfoque para a produção de edifícios, pois separou a vedação da estrutura, afetando significativamente a produtividade e o alcance em projeto arquitetônico. Porém, aqui no Brasil, mesmo com as estruturas reticuladas, as vedações continuaram sendo feitas da mesma maneira (de alvenaria). Ao contrário, em outros locais, desenvolveram-se as vedações leves, que permitem deformações da estrutura sem fissurar, uma vez que a estrutura reticulada possui vãos maiores e se movimenta mais.

Considero um retrocesso o uso da alvenaria em edifícios com estrutura reticulada, seja metálica ou de concreto.

Empresa D: Não importa se a estrutura é metálica ou de concreto para definição da tecnologia de VVE, com ambos os tipos de estrutura é possível ter agilidade na execução.

3) Fatores que levaram a descartar a seleção tecnológica de VVE pré-fabricada

a) Custo

Empresa D: A VVE de alvenaria continua sendo muito mais barata no Brasil, devido ao custo da mão de obra empregada neste serviço. Então, ao avaliar o tipo de VVE (alvenaria, light steelframing, pré-moldado, etc.) consideramos muito seu custo, que é uma premissa que o cliente traz para nós.

Empresa C: No Projeto da Vila Residencial do ITA (São José dos Campos - SP), as exigências eram: economia e agilidade. Tinha escala (área construída de quase 100.000 m²) e foi concebido com o conceito de modularidade, flexibilidade da unidade, dinâmica na fachada. Não foram utilizadas vedações pré-fabricadas nas

vedações externas, mas bloco de concreto e, internamente, drywall. Por exigências de acústica e térmica, optamos por uma tecnologia para as vedações externas mais simples, ou mais usual. Se fossem pré-fabricadas, acabaria encarecendo para atender as exigências de desempenho.

b) Cultura construtiva

Empresa C: Sobre a mão de obra, de repente, é muito mais justificável, do ponto de vista social, econômico, adotar o bloco de alvenaria, porque o empreiteiro disponível conhece esta tecnologia. Nossos construtores estão longe de ter uma formação voltada para um sistema mais pré-fabricado (exceto em grandes empreendimentos de uma cidade rica como São Paulo).

Empresa A: O escritório trabalha principalmente com clientes que são construtores.

Fizemos o projeto de um hotel de 6 pavimentos, concebido em estrutura de concreto e vedação vertical de alvenaria. Durante o processo de seleção dos materiais, entramos em contato com uma empresa alemã (STO), que executa vedação (em camadas) como nos "países mais desenvolvidos". Estão chegando no Brasil conhecendo a realidade. Então, eles têm o kit LSF (light steel frame), mas também tem o kit para revestimentos de fachada construída com alvenaria de blocos.. O fornecedor propôs fazer um estudo para este projeto, utilizando o kit para alvenaria. Porém, a construtora nem cogitou adotar a solução, pois afirmou: "Já tenho minha equipe que executa esse serviço". É muito difícil encontrar um construtor disposto a mudar.

Empresa B: Dependendo da construtora e do seu modo de construir, encontra-se resistência para inovar. Com clientes que não são construtores é possível adotar soluções mais industrializadas.

c) Tipo de edifício

Empresa A: Aqui no escritório, a margem de retorno financeiro é menor para os projetos de edifícios residenciais. Talvez todos os envolvidos na produção deste tipo de edifício trabalhem com margens menores neste segmento. Isto pode refletir na

escolha da tecnologia. Em edifícios corporativos, por exemplo, há mais liberdade para especificar tecnologias melhores²⁴, pois se investe mais.

d) Pré-conceito do usuário / cliente

Empresa A: O drywall já vem sendo bastante utilizado, mas para fachada é mais difícil, pois as pessoas esperam uma coisa sólida. Os fabricantes de drywall relatam para nós, por exemplo, que o usuário pergunta se pode bater prego em qualquer parede. Eles respondem que precisa saber onde vai bater. O usuário não gosta porque quer ter liberdade para bater o prego onde quiser.

Empresa D: O Conselho do Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP) é formado por diversas pessoas, inclusive por donos de construtora. Quando foi apresentado o GFRC como solução, alguns deles "torceram o nariz" para a tecnologia, pois já tinham utilizado em outra obra. Na época, estávamos em contato com a Pavi do Brasil; fomos visitar a fábrica em São José dos Campos, mas, no fim, o Conselho vetou o GFRC. Já havia todo o projeto desenvolvido com a tecnologia.

4) Influência das exigências de desempenho na seleção tecnológica de VVE

a) Desempenho estrutural

Empresa D: No projeto do Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), os consultores Paulo Duarte e César Pereira Lopes solicitaram ensaio de túnel de vento para saber o comportamento da estrutura mediante os esforços, uma vez que no local do projeto forma-se um corredor de vento. Com esses dados, foi possível projetar para garantir o desempenho estrutural da fachada e da estrutura metálica.

b) Segurança contra incêndio

Empresa A: Para garantir a compartimentação vertical exigida pelo Corpo de Bombeiros, costumamos fazer a viga de concreto junto à fachada com 1,20m de altura. Quando é em estrutura metálica ou se a viga está recuada em relação à fachada, é feito fechamento/peitoril em drywall rosa após a execução da fachada

²⁴ A partir do contexto da entrevista do arquiteto da Incorporador, "tecnologias melhores" significa tecnologias pré-fabricadas.

unitizada, para funcionar como barreira corta-fogo, que é especificada para resistir ao tempo estipulado pela norma. O drywall está encostado na fachada, mas não se apóia nela, somente na estrutura do edifício (na laje steel-deck e na viga metálica, por exemplo).

Empresa B: Costumo adotar a escada enclausurada com bloco de alvenaria e peitoril de alvenaria para seguir as exigências do Corpo de Bombeiros. As normas prendem a solução. O problema não é a forma, é o desempenho que precisa ser atendido.

No caso do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), a consultoria de prevenção e combate a incêndio não restringiu o uso do painel Stamp nas fachadas.

Incorporador: Fora do Brasil, é comum a barreira contra propagação do fogo entre um pavimento e outro ser de 1,00m. Em São Paulo, esta barreira é de 1,20m. Executamos essas barreiras com a própria estrutura, nas vigas de borda e, se necessário, é feito o complemento com vedações de drywall. Se a fachada for de pré-fabricado de concreto, o próprio painel é a barreira corta-fogo.

c) Desempenho térmico

Empresa B: No Brasil, particularmente, há muita intensidade luminosa e de carga térmica. A escolha do material é importante, pois se deve considerar sua capacidade de barrar o calor e controlar a intensidade de luz. O vidro, por exemplo, é utilizado apropriadamente nos países do hemisfério norte, onde a incidência solar é menor (o sistema de ar condicionado é muito mais pensado para aquecer). Mas quando adotado em países tropicais, como o Brasil, torna-se um problema, com alto consumo energético para resfriar os ambientes.

Incorporador: No passado era verdade que "fazer edifício de vidro em país tropical é inconsistente". Houve um grande avanço na tecnologia de vidros. Os vidros low-E reduzem drasticamente a entrada de calor. É claro que custa. Porém, sombrear a fachada com brise é mais caro do que uma fachada toda com vidro de alta performance. O brise custa hoje por volta de \$1.000,00 a \$1.500,00 por metro quadrado, enquanto um vidro low-E está custando de R\$400,00 a R\$500,00 por metro quadrado.

É valor para o cliente ver do lado de fora. Quanto mais vidro tiver, o cliente prefere. Ele não quer obstrução nenhuma (como brises), mas também não quer sentir calor. Os vidros low-E não chegam a ter a eficiência de uma parede cega. Mas, mesmo gastando um pouco mais com ar condicionado (não é muito), o cliente fica motivado a pagar pela vista que pode ter.

Empresa D: No Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP) há uma fachada extensa voltada para o norte. Nesta fachada, foram criados terraços nos quartos, para minimizar o impacto da insolação.

Empresa B: Para o CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), o Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Tecnologia da FAUUSP (LABAUT) estudou as condições climáticas locais. As soluções eram analisadas antes em laboratório, com simulações de vento, insolação etc. Nesse projeto, a orientação foi analisada para promover melhor ventilação nos edifícios e garantir o conforto. Havia também varandas e beirais, que protegiam os ambientes da insolação direta. Foi previsto ar condicionado nos laboratórios para controle de temperatura para as pesquisas.

Empresa C: Na Biblioteca da PUC (Campinas - SP), as questões térmicas e de ventilação eram ainda mais importantes, devido ao uso do edifício. Criamos um ambiente mais fechado, com diferenças de pé direito, para obter ventilação natural através de um shed.

Incorporador: Sobre desempenho térmico, apesar do calor do Rio de Janeiro, lá é comum as janelas serem somente de vidro, sem persiana ou veneziana. Dizem que a população está acostumada e aceita. Já em São Paulo, a possibilidade de ventilação permanente é exigida. A Norma de Desempenho, inclusive, exige ventilação permanente e oclusão permanente. O Brasil é um país tropical, é necessário manter a ventilação durante a noite, inclusive com chuva. Nos EUA, nos edifícios com janelas somente de vidro, o sistema de climatização prevê a troca de ar, ao contrário daqui.

d) Outros aspectos

Incorporador: Exigências de desempenho devem ser cumpridas. Participei da Norma de Desempenho e seus requisitos são mínimos, para não chegar à insalubridade. As

normas americanas e européias são muito mais restritivas. O foco do projeto deve ser o usuário.

A vantagem dos sistemas construtivos de fachadas mais industrializados é que você consegue flexibilizar mais na especificação, ou seja, você consegue projetar uma fachada para atender aos requisitos para uma determinada condição do projeto.

5) Influência das exigências de sustentabilidade na seleção tecnológica de VVE

a) Flexibilidade

Incorporador: Hoje em dia, existem empreendedores, como donos de hospitais, que alugam pavimentos em edifícios comerciais para ocupar com programa hospitalar. A grande arte de projetar é obter edifícios extremamente flexíveis, que podem ser adaptados, se necessário, para qualquer situação ou para grande parte das situações. É fundamental projetar um edifício sem grandes especificidades, pois, quanto mais flexível ele for, mais ele vai durar. Se for muito específico, o edifício envelhecerá, ficará inadequado em pouquíssimo tempo e toda energia gasta será desperdiçada!

As qualidades de um edifício flexível seriam: pé direito alto; grandes vãos estruturais; shafts com folga para receber futuras instalações (em nossos projetos, os shafts prevêm uma folga de 50% - não ocupado); sobrecarga um pouco maior; e vedações leves. Para as fachadas, a flexibilidade se traduziria em aberturas amplas.

Empresa D: Para o projeto do Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), criamos o quadro removível de fachada, com o objetivo de adequar o tipo de vidro da fachada (laminado, insulado, insulado com micro persiana, duette - blackout), em caso de alterações de layout; e facilitar a manutenção, quando ocorrer a quebra de um vidro, por exemplo.

Com o quadro removível, é possível retirar o vidro com o quadro junto, porque é rosqueável. Hoje, para trocar um vidro, é preciso descer com um balancim, retirar o vidro, tirar o excesso de silicone, colocar o silicone novo, colocar o vidro, colocar as grapas para segurar o vidro até o silicone curar, aí volta em outro dia, para dar o arremate. É trabalhoso.

O consultor Paulo Duarte foi buscar a solução no fabricante Schüco (Michael). Porém, outro fabricante acabou ganhando a concorrência, a Tecnofeal, que trouxe esta solução da Itália.

Tenho dúvidas se utilizaria de novo, devido ao custo mais elevado. Ainda vejo vantagens, mas não sei em quanto tempo este investimento se paga, precisaria ter um histórico do hospital para saber. Em um projeto de edifício corporativo, acho que não utilizaria, porque não acontece tanta mudança de uso. Acho que não se justificaria somente para facilitar a troca do vidro - um vidro quebra a cada quanto tempo?

Outra inovação nas esquadrias, que mostra a flexibilidade da fachada, foi o vidro insulado com micropersiana e blackout. Solicitamos a solução para a Eurocenter (Paulo Roberto Papaiz), que desenvolveu um protótipo de caixilho com micropersiana e duette (por baixo). Isso permitiu evitar o uso de cortina (melhor para higiene).

Empresa B: Os laboratórios do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), ao término da pesquisa, são completamente transformados. Foi necessário adotar princípios de flexibilidade no projeto de arquitetura.

b) Manutenibilidade e Durabilidade

Empresa D: Em todo o processo de projeto do Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), houve preocupação com a manutenção e durabilidade das fachadas. Inicialmente, foi proposta a fachada ventilada com dióxido de titânio. A ideia era de que o cliente tivesse o mínimo de manutenção e, se houvesse, ocorresse o mais rápido possível. Mesmo com a mudança de tecnologia de fachada, tentamos manter o máximo de tecnologia investida nos elementos, respeitando o custo estipulado pelo cliente.

A parceria com a empresa de manutenção de fachada permitiu que, durante o desenvolvimento do projeto, fosse previsto um "pininho" a cada tantos metros na fachada, para dar segurança aos operários e para a gôndola não balançar. Essa peça foi incorporada ao módulo unitizado.

Empresa B: A escolha do material do elemento construtivo é muito importante para durabilidade e deve ser coerente com a vida útil esperada para a função que está

desempenhando. No caso de vedações externas, é a resistência ao vento, à chuva, ao calor... O desempenho das fachadas está bastante ligado à escolha do material.

A intenção de utilizar painel pré-moldado de concreto já existia desde a fase do concurso de projeto do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ). Um dos principais requisitos a serem atendidos pelo painel era a resistência ao impacto (principalmente no térreo), por isso, o vidro tinha sido descartado.

c) Outros aspectos

Empresa D: Toda essa discussão sobre sustentabilidade tem ajudado muito a promover o uso de pré-fabricados, por gerar menos lixo...

6) Influência das exigências de construtibilidade na seleção tecnológica de VVE

a) Logística de entrega e montagem

Incorporador: Quando se trabalha com estrutura metálica, é necessário eliminar trabalhos artesanais, senão perde em produtividade. Não deve haver estoque de estrutura, e outras atividades devem ocorrer em paralelo, como a execução da fachada, por exemplo. Na estrutura metálica, é possível montar a fachada três pavimentos abaixo da estrutura que se encontra em andamento.

Incorporador: Os painéis unitizados sobem mais por cremalheira do que por guindaste. Como, normalmente, a fachada é formada de materiais leves, é possível utilizar pallets. É necessário escolher o elevador de obra de acordo com o comprimento dos perfis, apesar de que estes perfis não sejam muito compridos, com 4m a 6m. Em edifício comercial, o piso a piso costuma ser de 4m, considerando o transpasse, os perfis devem ter 4,20m, então é possível subir por cremalheira.

Empresa A: Uma vantagem que os construtores apontam para a fachada unitizada é antecipar que se trabalhe dentro do edifício, com os ambientes já protegidos do exterior. Quando os módulos da fachada já estiverem instalados em um pavimento, é possível, em seguida, iniciar as vedações de drywall, o forro daquele andar, sem precisar concluir toda a estrutura até o último andar, para então começar a fachada etc. O edifício vai sendo terminado por pavimento.

Empresa B: No CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), os perfis metálicos eram organizados no caminhão conforme a ordem de montagem indicada em projeto.

Devido às dimensões e massa dos painéis pré-fabricados de concreto utilizados nas fachadas, sua movimentação somente foi possível com o uso de equipamentos.

Empresa D: Tudo o que você pré-fabrica é melhor. A logística de canteiro fica mais fácil. No Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), alguns componentes da fachada unitizada já vinham montados da fábrica e outros eram montados no canteiro. A definição do que seria montado em fábrica dependia do andamento da obra. Se estivesse atrasada, mais componentes eram montados em fábrica. Somente alguns painéis de fachada unitizada foram içados. Normalmente, um elevador cremalheira movimentava os painéis.

b) Fixações

Empresa B: A fixação dos painéis pré-fabricados de concreto utilizados nas fachadas do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ) foi feita por meio de solda. Havia quatro pontos de fixação que eram soldadas em obra. Esta foi a forma mais simples de resolver a fixação. A verificação da qualidade, continuidade e resistência da solda foi realizada com raios-X. O guindaste suspendia o painel até que a solda painel-estrutura fosse concluída. Só depois outro painel era içado.

Empresa D: O consultor de fachadas desenhou furos oblongos para acomodar as movimentações da estrutura do Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP). O fabricante, Tecnofeal, validou a solução.

c) Juntas

Empresa B: O uso de componentes pré-fabricados, constituídos de materiais diferentes e, conseqüentemente, com deformações distintas, exige a previsão de juntas.

No CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), as juntas entre painéis eram de 1cm. Na estrutura metálica eram de 5mm. A estrutura metálica era interna. As vedações passavam por fora da estrutura. A fachada era independente da estrutura. Essa solução contribuiu para proteger a estrutura da maresia. Ao se evitar o encontro painel x estrutura, eliminaram-se as juntas entre estas partes na fachada.

d) Modularidade

Empresa C: Não partimos de uma malha modular em nossos projetos. Projetamos baseados em vãos econômicos. Por exemplo, para uma habitação, 7,50x10m. É engraçado... nos prédios corporativos, são comuns as fachadas moduladas com vidros de 1,20m de largura. Mas forros e luminárias se pautaram por um gabarito da indústria de 1,25x1,25m...

Empresa D: No Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), o painel unitizado vence o piso a piso de 4,20m sem necessidade de reforço. O problema é que não havia uma modularidade, porque o projeto nasceu de um edifício existente e não foi possível padronizar. No outro bloco de ampliação do hospital, construído "do zero" em concreto armado, foi adotado o módulo de 1,25m. O módulo que utilizamos aqui na empresa é o do mercado. Antes, era adotado o vão entre pilares de 7,5m, mas hoje percebemos que se tem buscado um quarto mais cômodo, então passamos ao vão de 8,0m, que dá exatamente 2 quartos com 4,0m de largura cada. Como precisamos de um entreferro grande devido à quantidade de instalações, 8,0m de distância entre pilares ainda é um vão econômico, em que a altura das vigas e a espessura da laje não comprometem a passagem das instalações.

Para as fachadas esse módulo de 8,0m é subdividido em 6 partes (resulta em 1,33m). O módulo para as fachadas não pode ser muito grande, porque se for, a janela começa a ficar muito pesada para abrir e fechar. Apesar da indústria do vidro preferir o módulo de 1,20m para otimizar o aproveitamento das chapas e diminuir perdas, no caso do Sírio, o tamanho do quarto de internação definiu o módulo. Sobre essa questão da modularidade, os consultores de fachada orientam sobre as dimensões que melhoram o aproveitamento dos materiais empregados na fachada.

Incorporador: A fachada deve obedecer a modularidade estrutural. Não há um módulo que se repete nos projetos da empresa. Nos edifícios comerciais busca-se o máximo de 'lease span' (distância entre o plano das fachadas e o núcleo central), pois é a área a ser alugada. O 'lease span' (principal) ótimo é de 12m a 15m. O edifício comercial ideal é aquele que você tem a fachada, seja lá qual for, e o núcleo, evitando pilares no meio do andar e vigas altas. Deve haver alguma modularidade na estrutura, mas há faixas de ajuste. Deve-se seguir a modularidade da ISO, com o macro-módulo de 30cm, adotando 30, 60, 90, 120cm. Isto é importante, mas muito

mais para facilitar a fixação e a inter-conexão de partes diferentes da estrutura, do que para definir o macro, os espaços do projeto.

Empresa B: No Brasil, as indústrias não só não coordenam modularmente os componentes entre si, como mudam as dimensões dos seus componentes ao longo do tempo. Teodoro Rosso tentou avançar na coordenação modular na construção civil, mas muito difícil, porque envolve toda a cadeia.

Empresa B: Não há coordenação modular entre os componentes da construção; é um problema da cadeia produtiva. Parece-me que o único módulo que dá certo é o da alvenaria estrutural. Cogito se é mesmo necessária a rigidez do módulo, ou se deve ser adotado o módulo e tratadas as exceções.

7) Seleção tecnológica de VVE e estrutura metálica no processo de projeto de arquitetura

i) Etapa de levantamento de alternativas e escolha da tecnologia

Empresa D: O Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP) não colocou nenhuma necessidade inicial para a fachada. Apresentamos alternativas, até que ela se definiu esteticamente. Em seguida, foi feita a escolha do material.

Partimos do pré-moldado combinado com esquadrias unitizadas. A solução do pré-moldado se mostrou inviável devido à massa elevada. Substituímos o pré-moldado pelo GFRC e seguimos com o desenvolvimento do projeto considerando esta solução e vidro encaixilhado. O consultor indicou o sistema unitizado, porque o cliente tinha restrição para o prazo de obra. Como dito anteriormente, o cliente vetou o GFRC.

Então, entrou a solução da fachada ventilada da Hunter Douglas (NBK). Desenvolvemos o projeto, construímos um protótipo do quarto com a fachada ventilada (havia uma parte do Conselho do hospital que queria e outra não; então, resolvemos arriscar). Porém, o cliente não gostou. O protótipo tinha problemas de apresentação, algumas fissuras. Esta solução também foi vetada. Era uma solução com componentes em dióxido de titânio (para autolimpeza, troca do CO₂ por O₂).

A próxima alternativa foi o ACM no sistema de fachada ventilada. O CTE, que fazia simulações, afirmou que a fachada ventilada não influenciaria significativamente no

conforto térmico neste caso. Ao final, a solução foi ACM com gaxeta entre painéis (em vez de silicone).

Com relação à avaliação dos custos das alternativas, temos um segmento na empresa que é a construtora. Esse setor acompanha o orçamento do projeto e avalia os custos relacionados às soluções construtivas.

Empresa B: No caso do CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), estudei alguns materiais e percebi que o painel pré-moldado de concreto da Stamp era muito bem produzido (precisão dimensional).

Os consultores de conforto lumínico, térmico e acústico (LABAUT) auxiliaram muito na decisão, pois apresentavam os dados de laboratório para avaliação das alternativas. Por exemplo, o painel de fibrocimento seria uma alternativa. Particularmente, tinha receio de utilizar esta tecnologia, pois tive uma experiência anterior com este tipo de painel, que apresentou problemas de infestação de cupim.

A especificação que adotávamos em conjunto com os consultores era, então, aprovada pelo cliente no local, a partir de um trecho montado de painéis e esquadrias.

Empresa A: No projeto do WTorre Morumbi (São Paulo - SP), a equipe de incorporação teve grande participação na etapa de concepção da fachada. Depois, durante o desenvolvimento do projeto, a participação do cliente restringiu-se à equipe responsável pela construção. A consequência disso foi que as discussões sobre a fachada, na etapa de desenvolvimento, com um agente que não participou da sua idealização ficaram muito práticas. Por exemplo, no desenvolvimento do projeto sugerimos uma linha a mais de montante nas esquadrias da fachada, porém, devido ao custo, foi vetada pela equipe de construção.

Quanto à tecnologia, nem foi colocada em pauta outra solução de fachada. O edifício foi concebido todo em vidro, no sistema unitizado. Talvez por já se saber que é a melhor solução para este tipo projeto - edifícios de 30 pavimentos e lajes de 2.000m². Hoje em dia, em termos de custos, não há uma discrepância tão grande entre o sistema unitizado ou stick. E quando se avaliam prazos, perdas, acaba não fazendo sentido adotar a solução stick.

Soubemos de um consultor de fachada que o sistema unitizado se viabiliza, mesmo quando o prédio é um pouco menor, por já estar tão difundido no mercado.

j) Principais responsáveis pela seleção tecnológica de VVE

Empresa B: As soluções sugeridas pelo arquiteto eram apresentadas e justificadas para a equipe técnica do cliente em reuniões semanais. Os resultados dos ensaios e protótipos também eram apresentados. A aprovação da solução cabia ao cliente.

Empresa D: Sobre o papel do arquiteto na definição das fachadas, depende se o cliente é ou não incorporador. Quando digo incorporador, refiro-me ao cliente que traz uma construtora que já possui uma maneira de construir. Então, o incorporador já traz uma intenção para a fachada. Quando se trata do cliente sozinho, penso que o arquiteto tenha grande influência, mas a aprovação é do cliente e depende do que ele necessita.

Portanto, às vezes, o cliente traz alternativas e, às vezes, o arquiteto precisa sugerir. No caso do Sírio, a velocidade de produção que o cliente necessitava levou à escolha de pré-fabricados.

Incorporador: Acho que é muito difícil o arquiteto definir a tecnologia de VVE. O incorporador é o "maestro" do processo do empreendimento e deve trabalhar próximo de todos os agentes. É um trabalho em conjunto; discutimos muito com o arquiteto durante o desenvolvimento do projeto, mas as definições são do empreendedor²⁵. De alguma maneira, o empreendedor tem a visão do cliente por estar acostumado a vender e a alugar, ele sabe o que o cliente quer. O incorporador também é responsável por monitorar os custos e os riscos das tecnologias construtivas selecionadas.

Empresa C: O arquiteto "orquestra" todos os envolvidos no processo do projeto com visões mais focadas. É um profissional com habilidade para enxergar globalmente as questões construtivas do edifício.

8) Agentes envolvidos na seleção tecnológica de VVE com forte relacionamento com o projetista de arquitetura

a) Consultor de VVE

²⁵A partir do contexto da entrevista do incorporador, neste caso, "empreendedor" significa incorporador.

Empresa B: O auxílio de especialistas é necessário, principalmente com exigências cada vez mais complexas para os edifícios. Vejo o arquiteto como um coordenador geral, que vê a obra como um todo, uma coisa só. Arquitetura não é uma soma de partes, mas um todo. Encontro equilibrado e harmônico entre razão e sensibilidade. A arquitetura nasce de uma unidade, depois se vê quais partes serão necessárias para formar o todo.

Hoje é muito comum haver o responsável pela fachada. Já desenvolvi projetos em conjunto com o Paulo Duarte, Igor Alvim. O consultor de esquadria informa como dilata, fixa, acaba, dá estanqueidade. Além disso, ter o documento de um consultor, profissionalmente, é muito forte.

É recomendável em obras de grande responsabilidade a contribuição dos consultores. Porque há matérias que você não domina e não vejo problema nenhum em procurar quem sabe para dar sua contribuição.

Empresa C: A gente vê o projeto como um processo totalmente interdisciplinar. Se o cliente não contrata, nós contratamos consultores de áreas específicas. No caso do projeto do ITA, contratamos consultor de acústica e térmica para nos orientar com relação à espessura da laje, por exemplo. O consultor esteve envolvido desde a fase de Anteprojeto. Não é possível alterações como espessura de laje na fase de execução, haverá interferências com as esquadrias, escadas.

Empresa D: Nosso escritório adota o modelo de contrato "guarda-chuva", ou seja, fechamos o contrato global com todos os consultores dentro, depois contratamos conforme identificamos a necessidade. Independente da forma de contratação, acho que o projeto deve ser iniciado com os consultores, para evitar retrabalho lá na frente.

Temos consultor em obras grandes, porém, nas obras pequenas, nos aconselhamos com alguns fornecedores parceiros. Esse relacionamento com o fornecedor é construído de outras experiências.

No Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), o consultor especificou o tipo de vidro (para garantir eficiência energética); a espessura do vidro (para garantir a resistência estrutural e térmica); e os perfis para a indústria. Acho que a fachada teve inovações, como o quadro removível, a inclusão de 'blackout', que, sem a colaboração dos parceiros não se viabilizaria.

No processo de projeto de arquitetura há duas compatibilizações: uma do projeto do consultor e outra do projeto do fornecedor.

Empresa A: Na prática profissional, de forma ideal, as responsabilidades relacionadas às fachadas dos edifícios dividem-se em:

- *Concepção de fachada: arquiteto;*
- *Aplicação dos sistemas na fachada concebida pelo arquiteto: consultor de fachada ou de caixilho;*
- *Projeto de fabricação baseado no projeto do consultor: fabricante.*

Para os edifícios de escritórios, as responsabilidades têm-se definido desta forma. A primeira interação arquiteto-consultor é muito bem feita hoje em dia. O problema ocorre na passagem do projeto do consultor para o fabricante, porque, raramente, o arquiteto participa desta etapa. A não ser que o cliente seja bastante precavido, detalhista e correto e envolva o arquiteto nesta etapa.

Sobre os produtos entregues, normalmente, fazemos o detalhamento de caixilharia, compatibilizado com o projeto do consultor, que é emitido no pacote final de projetos de arquitetura. Este detalhamento de caixilharia contém os conceitos da fachada, ou seja, a modulação, algum detalhe principal (como arremate com outros elementos de fachada, com o forro etc.). Até nos questionamos se deveríamos fazer estes detalhes, porque o consultor acaba desenhando o mesmo e é o projeto dele que será utilizado para execução. Mas, no escritório, produzimos assim para ter um documento de projeto tal como desenvolvemos. Além disso, para o consultor de fachada, passou da linha do perfil não é mais responsabilidade dele.

b) Fabricantes/ fornecedores de elementos de VVE

Empresa B: A equipe de arquitetura desenha as fachadas sem os detalhes de fabricação. Em seguida, os fabricantes desenharam os detalhes de fabricação. O desenho de fabricação é diferente do desenho de arquitetura. Ele possui minúcias que são da fabricação, furos por exemplo. É necessário o retorno do projeto de fabricação para verificação da arquitetura. O desenho de arquitetura tem o papel de direcionar o desenho de produção.

No CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), os painéis foram fornecidos pela Stamp. Os painéis já vinham com acabamento. Visitei a fábrica para aprovação do

acabamento (cor, textura). Foram produzidos alguns tipos de painéis de espessuras diferentes, de acordo com o desempenho térmico e acústico. Também visitei outros fabricantes, quando não era possível enviar amostras para o escritório, devido às dimensões.

Devido à escala da construção e à limitação de prazo, houve mais de uma construtora (montadora da estrutura metálica) contratada, considerando o edifício dividido em partes. Essas construtoras puderam atuar em paralelo, em vez de forma sequencial. Todas deveriam utilizar, necessariamente, os perfis indicados em projeto, independente do processo de fabricação e montagem específicos de cada fornecedor, se não teria incompatibilidades com outras partes do edifício, como os painéis de fachada.

Quando comecei a projetar com estrutura metálica, percebi que era fundamental haver a compatibilização do projeto de arquitetura com o projeto para produção. Sempre tive a preocupação de entregar um projeto bem detalhado, porque é a forma de informar como a obra será executada e atingirá os objetivos do cliente. Além disso, o projeto é o documento capaz de proteger o arquiteto.

Empresa B: Sempre há participação de fornecedores nos projetos do escritório. Penso que o arquiteto deva incorporar os detalhes enviados pelo fornecedor selecionado, justificar a escolha em Memorial Descritivo com dados de desempenho e alertar o cliente sobre as consequências da alteração da especificação.

Empresa A: Em um projeto anterior, ao contratar o fornecedor de estrutura metálica, o cliente percebeu que o projeto estrutural precisaria de uma revisão completa. Para a construção da WTorre Morumbi (São Paulo - SP), optou-se por envolver antes o fornecedor de estrutura metálica. Porém, o cliente quis substituir o papel do projeto de estrutura pelo projeto do fornecedor. Posicionamo-nos contrários, pois a geometria e as soluções do edifício eram complexas para eliminar o papel do projetista de estrutura.

Houve consultores de estrutura, mas o projeto foi do fornecedor. Sentimo-nos limitados durante o processo, pois o fornecedor indicava que teríamos que adotar as soluções-padrão e o que estava definido em contrato. O foco esteve na fabricação e não no projeto. Além disso, a obra começou com o projeto ainda em andamento. E a prioridade era a obra.

Para as fachadas da WTorre Morumbi (São Paulo - SP), o detalhamento de caixilharia foi substituído pela análise do projeto de fabricação do fornecedor, que entrou numa etapa em que ainda estávamos desenvolvendo o projeto executivo. Foi um caso em que participamos até o fim do processo.

No WTorre Morumbi (São Paulo - SP) aconteceu, por exemplo, da solução do consultor não ser a mesma do fabricante (tipo de perfil e arremates, tipo de junta). Em projetos deste porte, muitas vezes os perfis são fabricados para o projeto, pois a pressão de vento é significativa e o consultor desenvolve um perfil junto com o fabricante (quando o edifício é de menor porte, utiliza-se um determinado perfil de catálogo, Alcoa, por exemplo). O arquiteto discute com o consultor detalhes como aparência das juntas e arremates.

Empresa C: Entre fornecedores de estrutura metálica, cada um possui um sistema. Todas as compatibilizações são discutidas com o calculista durante o desenvolvimento do projeto e isso se perde quando o fornecedor é contratado. Às vezes, esse projeto para produção não retorna para a arquitetura, pois já não participamos mais desta etapa, ou porque o cliente diz "não é possível pagar de novo um projeto que estava concluído".

A engenharia faz um projeto genérico, no sentido de que não é específico para um determinado fornecedor, até porque haverá um processo de licitação depois.

A indústria deve seguir o projeto, porque este é um documento construtivo. Ou o projeto vale até o final, porque já foram pensadas muitas questões durante o seu desenvolvimento; ou nem se faz projeto, toma-se o projeto de arquitetura e leva para a indústria resolver.

Aqui no escritório temos a preocupação de fazer um projeto completo, mas, de forma geral, os projetos estão ficando menos detalhados, contando com o desenvolvimento posterior do projeto para produção. Isso está acontecendo devido à desvalorização do projeto. Se por um lado é exigida responsabilidade absoluta sobre o papel do arquiteto, por outro lado, paga-se o menor preço possível para o projeto.

Fora do Brasil, os escritórios de arquitetura são próximos das indústrias e estas desenvolvem componentes inovadores a partir dos projetos.

Empresa D: No Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), a validação dos projetos para produção da estrutura ocorreu de forma normal: primeiro foi verificado pelo

calculista e depois por nós (equipe de arquitetura). Mas há muitos casos em que não é feita a compatibilização dos projetos para produção, porque são horas técnicas que não entram no escopo do projeto de arquitetura. A responsabilidade de quem faz a compatibilização é realmente grande. Falta uma cultura do cliente de reconhecer o valor da compatibilização dos projetos, que podem gerar uma economia na fase de execução. Fora do Brasil, os escritórios de arquitetura não trabalham assim. Aqui é difícil conseguir vender este serviço.

c) Construtor

Empresa A: O escritório trabalha principalmente com clientes que são construtores. Quando não, costumamos solicitar ao cliente que envolva o quanto antes o construtor. A maneira de construir influencia bastante na escolha das tecnologias, custos, prazos e expectativas. Se o construtor não participa desde o começo do processo, fica num acordo entre nós arquitetos e o cliente e, quando a construtora entra, tende a ter retrabalho (revisões, impactos em cronograma, etc.).

Empresa B: O construtor deveria entrar antes no processo de projeto e o arquiteto deveria permanecer nele por mais tempo, para trabalharem concomitantemente, contribuindo um para o trabalho do outro.

Tivemos algumas experiências positivas com gerenciadoras que, participando de todo processo do empreendimento, assumiram um compromisso maior com a construtibilidade.

Empresa B: Antes, o arquiteto era absolutamente ignorado na obra. Entregava-se o projeto e o construtor "tocava" a obra. Às vezes, o arquiteto visitava a obra e via soluções diferentes. Não havia uma compatibilização tão forte e a volta dos desenhos para produção para o escritório de arquitetura, como acontece hoje.

Empresa D: Aqui na empresa, atuamos no segmento de projeto de arquitetura e de construção. Mas, são dois mundos completamente diferentes. É difícil trazer os aprendizados da obra para o projeto. Mas estamos tentando, realizando reuniões, fazendo estudos de caso das obras que executamos, para que haja uma retroalimentação do processo. Nossa equipe é formada por arquitetos e engenheiros.

Empresa C: Nosso escritório desenvolve, com frequência, projetos de edifícios públicos. A construtora acaba não participando do processo de projeto e somente é contratada posteriormente. Percebemos que muitas vezes as construtoras contratadas pela Lei nº 8666/93 não seguem o projeto. Apesar de que, na iniciativa privada, também se observa o desrespeito pelo projeto.

9) Barreiras para adoção de estrutura metálica e tecnologias construtivas pré-fabricadas para VVE em edifícios

a) Custo elevado da estrutura metálica

Incorporador: Infelizmente, não acredito que a estrutura metálica possa competir com a estrutura de concreto na maior parte das obras, devido ao preço atual do aço. A estrutura metálica pronta no Brasil é muito cara, por razões de baixa competitividade da indústria, impostos, custo da energia...

Embora o concreto tenha ficado mais caro, sua resistência também aumentou muito e permitiu a redução do volume de concreto utilizado nas estruturas dos edifícios. Hoje, uma estrutura metálica custa, praticamente, de 30% a 40% a mais do que uma estrutura de concreto.

Empresa C: Quando se apresenta o custo da estrutura metálica, os clientes demonstram uma resistência, então, temos o papel de esclarecer sobre o custo global da obra e a economia com os custos indiretos. O escritório conta com um parceiro orçamentista que ajuda a balizar os custos envolvidos em determinado projeto e ajuda, inclusive, a mensurar os custos indiretos e os ganhos com a antecipação da ocupação do edifício.

Mas, ainda hoje, a estrutura convencional de concreto ou mesmo o pré-moldado de concreto, é mais econômico do que a estrutura metálica.

b) Avanços tecnológicos da estrutura de concreto

Incorporador: A estrutura de concreto evoluiu tanto em tecnologia, que ela praticamente está atingindo a velocidade da estrutura metálica. A tecnologia de formas leves racionalizadas faz com que a estrutura metálica não tenha vantagem competitiva, em velocidade de produção, com a estrutura de concreto.

Empresa D: No Hospital Sírio Libanês (São Paulo - SP), a velocidade de produção da estrutura metálica não foi maior que a do edifício em estrutura de concreto. Cronologicamente, a estrutura de concreto foi até mais rápida do que a estrutura metálica.

c) Resistência à mudança

Empresa D: O cliente brasileiro é resistente à adoção de novas tecnologias. Há preconceito por nunca ter usado, não ver construções com determinada tecnologia. O preconceito do cliente é uma das barreiras para o uso de VVE pré-fabricadas. Às vezes, o preconceito é também do arquiteto, que desconhece a tecnologia.

Incorporador: Nos edifícios comerciais, adotamos pré-fabricado de concreto ou esquadria de alumínio com vidro. Já no residencial, ainda estamos utilizando bloco de concreto, porque no Brasil não temos muitas alternativas e, como a nossa empresa não constrói, mas gerencia a construção, as empresas construtoras que contratamos não sabem construir com drywall na fachada, por exemplo.

Portanto, acredito que não seja uma questão de custo, mas uma questão de falta de conhecimento por parte das construtoras, que são extremamente conservadoras.

Empresa B: O modo de fazer das construtoras, baseado em processos tradicionais, já foi uma barreira para o uso de pré-fabricados, mas hoje isso melhorou bastante.

d) Falta de normas técnicas ou diretriz para avaliação técnica para os novos produtos de VVE

Empresa C: A adoção de tecnologias pré-fabricadas também esbarra na falta de regulamentação de como funcionam.

e) Falta de um processo de projeto integrado

Empresa B: Quanto mais integradas estiverem as especialidades de projeto, melhor será o resultado do projeto. No CENPES - Petrobras (Ilha do Fundão - RJ), por se tratar de uma obra de grande escala e complexidade, envolveu uma equipe numerosa de projetistas, consultores, construtores. Inclusive, muitas soluções foram elaboradas por engenheiros. O objeto da engenharia e da arquitetura é um só: o edifício. O projeto tem que nascer integrado e multidisciplinar. Participei da criação

do programa de dupla formação FAU-POLI, pois acredito que o caminho é aproximar as disciplinas de Engenharia e Arquitetura.

Empresa D: Penso que é necessário o diálogo entre arquitetos e engenheiros, assim como o diálogo com a indústria de elementos construtivos.

Empresa C: O arquiteto pode oferecer o belo. E o belo é importantíssimo para o nosso dia a dia. Agora, não existe belo, sobretudo na construção, sem saber como se constrói! Os arquitetos sabem como se constrói, sim! Porém, precisamos trabalhar em grupo, cada um com seu papel (multidisciplinar) e integrado.

f) Distanciamento do projetista de arquitetura da etapa de execução do edifício

Empresa B: Separar o arquiteto da obra é um problema, pois há situações em que é necessário adequar alguma concepção às necessidades da fase de execução.

Empresa C: Se o projeto adota elementos pré-fabricados e os projetos dos fabricantes não foram compatibilizados, não há uma obra industrializada. O pensamento prévio da montagem não existe. Quando realizamos o acompanhamento da obra, é possível compatibilizar os projetos dos fabricantes.

Empresa D: Com a experiência, percebemos que na obra algumas coisas não dão certo. Se o arquiteto não está lá, a "obra" vai resolver e não quer dizer que será a melhor solução, nem mais barata.

Empresa A: Se houvesse uma participação efetiva e bem remunerada do arquiteto na etapa de obra, seria melhor para todo mundo.

Incorporador: Penso que a maior parte dos arquitetos não quer participar da etapa de execução. Já ouvi arquiteto dizendo que não faz executivo, como se fosse um princípio conceber somente a parte "artística" do projeto. Ao contrário dos arquitetos americanos e canadenses, que realmente entram na construtibilidade. Essa posição de não querer se imiscuir na viabilidade construtiva, faz com que atrase a utilização de tecnologias que promovam a industrialização.

Como o arquiteto entra em contato direto com o empreendedor, ele tem a oportunidade de traduzir as necessidades do empreendedor para o projeto, que deveria ser sofisticado tirando partido da tecnologia construtiva.

Empresa C: O que nós fazemos é conceber os espaços onde as pessoas moram, trabalham, se divertem, sofrem e são cuidadas. Porém, precisamos ter a capacidade de ser criativos e construtivos, no sentido de saber como se constrói.

g) Lacunas de conhecimento dos arquitetos

Empresa C: No caso do Projeto do Laboratório de Biodiversidade (Belém - PA) foi adotado o Aquapanel da Knauf. Precisamos começar a conhecer as opções de vedações externas pré-fabricadas, como garantem o atendimento às normas e como se tornam viáveis em termos de custos.

h) Tipos diferentes de elementos de vedação para customização das fachadas do edifício

Empresa C: Quando se fala em vedos externos, também há a questão sobre a customização. Penso que, se há muitos tipos diferentes de vedos num mesmo projeto, pode inviabilizar a adoção da tecnologia pré-fabricada.