

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Vinicius Leandro Schmidt

**PAREDES ESTRUTURAIS CONSTITUÍDAS DE
PAINÉIS DE PVC PREENCHIDOS COM CONCRETO:
ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO SISTEMA**

Porto Alegre
janeiro 2013

VINICIUS LEANDRO SCHMIDT

**PAREDES ESTRUTURAIS CONSTITUÍDAS DE
PAINÉIS DE PVC PREENCHIDOS COM CONCRETO:
ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO SISTEMA**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientadora: Ana Luíza Raabe Abitante

Porto Alegre
janeiro 2013

VINICIUS LEANDRO SCHMIDT

**PAREDES ESTRUTURAIS CONSTITUÍDAS DE
PAINÉIS DE PVC PREENCHIDOS COM CONCRETO:
ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO SISTEMA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 11 de janeiro de 2013

Profa. Ana Luíza Raabe Abitante
Dra pela UFRGS
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Luíza Raabe Abitante
Dra pela UFRGS

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr pela USP

Eng. Nei Ricardo Vaske
Dr pela UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Maristela e Alveni, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo bem maior, que é a vida, e pela oportunidade de vivenciar mais esta etapa.

Agradeço aos meus queridos pais, Maristela e Alveni, por serem sempre os primeiros a me incentivarem e acreditarem no meu potencial e caráter.

Agradeço ao meu irmão, Eduardo, grande companheiro e amigo, pessoa com o maior coração que conheço.

Agradeço à Prof. Ana Luíza Abitante, orientadora deste trabalho, pela maneira gentil que acolheu meu pedido de orientação, pelo tempo a mim despendido e pelas valiosas contribuições à conclusão deste trabalho.

Agradeço à Prof. Carin Schmitt, coordenadora dos trabalhos de diplomação, por sua atenção e dedicação, por suas oportunas e assertivas sugestões ao longo de todo este trabalho.

Agradeço ao colega Leandro Medeiros, funcionário da empresa que detém a patente do sistema Concreto/PVC no Brasil, pelas informações necessárias à realização deste trabalho.

Agradeço a todos os demais que contribuíram com parte do seu tempo para responder aos questionários realizados dentro deste trabalho.

Agradeço aos componentes da banca examinadora, pela sua disponibilidade e boa vontade de julgar este trabalho.

A vida é uma pedra de amolar: desgasta-nos ou afia-nos,
conforme o metal de que somos feitos.

George B. Shaw

RESUMO

A Construção Civil brasileira é caracterizada historicamente como uma indústria de produção artesanal, na qual existem interdependências grandes entre um número elevado de atividades e empresas. Ao mesmo tempo, a mão de obra utilizada, além de em grande número, não está dotada de alto grau de especialização e as soluções de projeto perdem espaço para as improvisações em canteiro. Toda essa conjunção de fatores sempre resultou em baixa produtividade e altas perdas. Com o aumento de competitividade no setor, tais fatores acarretaram em diminuição da margem de lucro, o que obriga à indústria da construção civil que otimize seus processos. O desenvolvimento de novas tecnologias, materiais e técnicas de produção e gestão, além de *benchmarking* de casos de sucesso em outras indústrias, têm sido o foco do que se imagina ser a busca pela industrialização do setor. Este trabalho discorre sobre o sistema construtivo Concreto/PVC, o qual se propõe a ser uma alternativa para a produção de habitações. Dado a diversidade de sistemas presentes no mercado, tentou-se identificar em quais pontos a utilização desse sistema se faz diferenciada. Foi também levada em consideração na análise, as percepções de usuários e empreendedores e a viabilidade econômica no uso desse sistema. Buscando-se manter as ressalvas necessárias, com base nas predições da Norma Brasileira de Desempenho, objetivou-se identificar as potencialidades do sistema que se apresenta. Embora as informações apresentadas, por vezes limitadas, não possibilitem a obtenção de conclusões, deixou-se muitos indicativos a respeito das potencialidades do Concreto/PVC. Por todas as razões que estão expostas ao longo do texto, questões como a maior divulgação do sistema, o oferecimento de opções mais diversificadas de perfis (espessuras, cores e texturas), a melhora do desempenho acústico e a solução para o fenômeno de condensação de água nas paredes podem alavancar significativamente as chances de crescimento no uso desse sistema

Palavras-chave: Potencialidade do Sistema Concreto/PVC. Habitação com Concreto/PVC.
Análise de Sistema Construtivo Inovador.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa	17
Figura 2 – Comparação entre a inflação do setor da construção civil e a do consumidor final entre os anos de 2002 e 2011.....	21
Figura 3 – Habitação em Concreto/PVC	43
Figura 4 – Representação do sistema Concreto/PVC	44
Figura 5 – Componentes auxiliares de montagem dos painéis	46
Figura 6 – Furações e guias de montagem	52
Figura 7 – Barras de ancoragem	52
Figura 8 – Detalhe da ancoragem e da utilização das guias de montagem	52
Figura 9 – Ordenamento dos painéis	53
Figura 10 – Codificação das peças	53
Figura 11 – Colocação da verga pré-moldada	54
Figura 12 – Inserção de reforços em vergas	54
Figura 13 – Preenchimento dos painéis de PVC com concreto em etapas	56
Figura 14 – Vista da entrada do residencial	67
Figura 15 – Vista interna do residencial	67
Figura 16 – Fachada típica das residências do residencial Carreiros	69
Figura 17 – Aparelhos afixados externamente nas paredes	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Requisitos e critérios para segurança estrutural.....	35
Quadro 2 – Requisitos e critérios para segurança contra incêndio	36
Quadro 3 – Requisitos e critérios para segurança no uso e operação	37
Quadro 4 – Requisitos e critérios para estanqueidade	37
Quadro 5 – Requisitos e critérios para desempenho térmico	38
Quadro 6 – Requisitos e critérios para desempenho acústico	39
Quadro 7 – Requisitos e critérios para desempenho luminítico	39
Quadro 8– Requisitos e critérios para durabilidade e manutenibilidade	40
Quadro 9 – Requisitos e critérios para saúde, higiene e qualidade do ar	40
Quadro 10 – Requisitos e critérios para conforto antropodinâmico	41
Quadro 11 – Quantidade de materiais para 1 m ³ de concreto leve com massa específica de 900 kg/m ³	49

LISTA DE SIGLAS

APO – Avaliação Pós-Ocupacional

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CEF – Caixa Econômica Federal

Cipit – *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Industria Plástica*

Coopetec/UFRJ – Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Datec – Documento Técnico de Avaliação

EPS – Poliestireno Expandido

LEME/UFRGS – Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCC-M – Índice Nacional de Custo da Construção do Mercado

INTI – *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológicas

PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat

PVC – Policloreto de vinil

Sinat – Sistema Nacional de Avaliação Técnica

SVVIE – Sistema de Vedações Verticais Internas e Externas

VUP – Vida Útil de Projeto

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
2.2.1 Objetivo principal	15
2.2.2 Objetivos secundários	15
2.3 PRESSUPOSTO	16
2.4 PREMISA	16
2.5 DELIMITAÇÕES	16
2.6 LIMITAÇÕES	16
2.7 DELINEAMENTO	17
3 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	20
3.1 EVOLUÇÃO DOS MEIOS DE CONSTRUÇÃO	22
3.2 RETAGUARDA TECNOLÓGICA NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES	23
4 SISTEMAS DE PRODUÇÃO	26
4.1 DEFINIÇÕES DE INDUSTRIALIZAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	26
4.2 CONCEITO DE LEAN CONSTRUCTION	28
5 CONCEITO DE DESEMPENHO	30
5.1 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	32
5.2 EXIGÊNCIAS DOS USUÁRIOS	33
5.3 REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO	34
5.3.1 Segurança estrutural	35
5.3.2 Segurança contra incêndio	36
5.3.3 Segurança no uso e operação	36
5.3.4 Estanqueidade	37
5.3.5 Desempenho térmico	37
5.3.6 Desempenho acústico	38
5.3.7 Desempenho luminítico	39
5.3.8 Durabilidade e manutenibilidade	39
5.3.9 Saúde, higiene e qualidade do ar	40
5.3.10 Funcionalidade	40

5.3.11 Conforto antropodinâmico	40
5.3.12 Adequação ambiental	41
5.4 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	41
6 O SISTEMA CONSTRUTIVO	43
6.1 CARACTERÍSTICAS DO PVC	47
6.2 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO LEVE	48
6.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DO SISTEMA CONCRETO/PVC	49
6.3.1 Transporte e estocagem	50
6.3.2 Fundação	50
6.3.3 Ancoragem e guias de montagem	51
6.3.4 Montagem das paredes	52
6.3.5 Aprumada, escoramento e alinhamento	54
6.3.6 Instalações elétricas, hidrossanitárias, de telefonia e de gás	55
6.3.7 Concretagem	55
6.3.8 Fechamentos	57
7 ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO SISTEMA	58
7.1 VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA	58
7.1.1 Segurança estrutural	59
7.1.2 Segurança contra incêndio	60
7.1.3 Estaqueidade	61
7.1.4 Desempenho térmico	62
7.1.5 Desempenho acústico	62
7.1.6 Durabilidade e manutenibilidade	63
7.2 DISPONIBILIDADE DE FINANCIAMENTOS	65
7.3 CONSIDERAÇÃO DA OPINIÃO DOS USUÁRIOS	67
7.3.1 Caracterização da pesquisa	67
7.3.2 Apresentação e discussão dos resultados	68
7.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO PELOS EMPREENDEDORES ...	73
7.4.1 Caracterização da pesquisa	74
7.4.2 Apresentação e discussão dos resultados	74
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE A	85
APÊNDICE B	88

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho objetiva tratar dos esforços da indústria em atender às demandas do mercado através de uma constante tentativa de evolução no uso de tecnologias construtivas inovadoras. Nesse processo, o entendimento das expectativas dos usuários é fundamental para o sucesso e continuidade das novas metodologias.

É abordado, especificamente, o processo construtivo em Concreto/PVC, analisando-se a inserção deste novo sistema como solução alternativa. São consideradas suas características mais representativas, desde o ponto de vista do empreendedor, até o do usuário final, tomando-se como comparação o processo convencional. É definido, para uso neste trabalho, sistema construtivo convencional como aquele que emprega tijolos ou blocos, maciços ou vazados, de cerâmica ou concreto, revestidos por camada de argamassa e pintura. Resulta dessas abordagens, uma análise acerca das chances de crescimento do uso desse sistema no mercado brasileiro.

De forma a contextualizar a pertinência do tema, deve-se olhar mais pausadamente para o panorama e os desafios da indústria da construção civil brasileira. Indubitavelmente, o desenvolvimento do setor pode ser melhor retratado através do contexto no qual está inserido. De maneira mais representativa, tem-se a enorme carência por moradias, um tema de ordem mundial, e cuja problemática é de complexa solução. Diversas são as estratégias que as sociedades têm traçado para o seu combate e, não menores, são os desafios da Engenharia em propor alternativas eficazes para a sua solução. Em se tratando de Brasil, o déficit habitacional ainda é muito alto, principalmente entre os que estão nas faixas mais baixas de rendimentos. Soma-se a isso todas as questões ligadas à urbanização, visto que o crescimento observado nas cidades brasileiras é, predominantemente, desordenado. Decorre, que o cidadão, ao encontrar o ambiente desprovido de adequada infraestrutura urbana, é levado a adotar soluções, muitas vezes, inadequadas, originando uma série de outros problemas congêntos: casos comumente observados nas favelas e periferias das grandes cidades. Desta forma, torna-se peremptório o oferecimento não só de mais moradias, mas sobretudo a entrega de habitações que atendam a um padrão rigoroso de qualidade.

O governo é o principal agente capaz de dar maior destaque à política habitacional, destinando linhas específicas de financiamento, através de programas especiais de fomento à produção de habitações. Ao fazer isso, passa a exigir, juntamente com o usuário final, soluções diferenciadas que atendam às expectativas por conforto, segurança e durabilidade. O desafio da indústria passa, inevitavelmente, por ser capaz de ir ao encontro de tais anseios.

Em linhas gerais, ainda hoje no País prevalece a construção convencional, basicamente de perfil artesanal, de baixa escala de produção, ambientalmente desengajada, de altos custos e de qualidade e durabilidade não satisfatórias. Saltos evolutivos têm suas raízes em problemas estruturantes, que atrapalham as oportunidades de desenvolvimento. Países que já vivenciaram períodos de pós-guerras ou que sistematicamente sofrem por consequências de calamidades foram os que mais desenvolveram a capacidade produtiva da sua indústria da construção civil. Essa industrialização deu origem a novas técnicas construtivas na expectativa de trazer ao segmento maior produtividade, qualidade e menor custo.

A relevância do tema se baseia no entendimento de que a construção civil é vital para uma nação do ponto de vista socioeconômico, na medida em que absorve grande quantidade de mão de obra e de recursos, sendo responsável por parcela significativa da atividade econômica e da formação bruta de capital fixo.

O presente trabalho aborda, no segundo capítulo, as diretrizes de pesquisa para realização deste. São descritas, nesse capítulo, os objetivos e limitação do trabalho, além das etapas seguidas para realização da pesquisa.

O terceiro, quarto, quinto e sexto capítulo trazem o resultado da revisão bibliográfica. O terceiro aborda as características da Construção Civil e o desenvolvimento de novos sistemas construtivos. O quarto capítulo discorre sobre sistemas de produção e sobre a necessidade de se aumentar o grau de industrialização na Construção Civil. O quinto capítulo trata sobre o conceito de desempenho e o seu crescente uso como método de avaliação de sistemas construtivos. O sexto capítulo apresenta o Concreto/PVC, trata das características de seus principais componentes e traz a descrição do seu processo executivo.

O capítulo sete elabora um confronto entre os dados de desempenho técnico do sistema Concreto/PVC com os valores mínimos recomendados pela Norma Brasileira de Desempenho, a NBR 15.575. Ainda, discorre sobre a importância da disponibilidade de

recursos financeiros para o crescimento no uso de um sistema construtivo. Apresentam-se, nesse capítulo, informações para embasar a análise de viabilidade econômica do sistema. Além disso, detalha as informações obtidas diretamente dos usuários através da ferramenta de avaliação pós-ocupacional. Ao lado das informações coletadas das opiniões dos empreendedores desse sistema, fazem parte importante na análise das potencialidades do Concreto/PVC. O último capítulo apresenta as considerações finais.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais as perspectivas quanto à utilização do sistema construtivo em Concreto/PVC no mercado brasileiro, com base em suas características e opiniões de usuários e investidores?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a avaliação do potencial de crescimento do uso do sistema em Concreto/PVC para construção de habitações.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) descrição do processo construtivo do sistema Concreto/PVC;
- b) verificação quanto ao atendimento à Norma de Desempenho;
- c) apresentação de vantagens e desvantagens do processo construtivo;
- d) caracterização do nível de satisfação do usuário final;
- e) identificação da propensão a investir por parte dos empreendedores;
- f) levantamento quanto à disponibilidade de financiamentos.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que todas as informações de ordem técnica obtidas junto ao fabricante dos perfis de PVC, tais como características técnicas e laudos de desempenho, refletem uma real descrição do sistema, tendo estes sido auferidos em institutos de reconhecida idoneidade e competência.

2.4 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que a busca por meios de desenvolver a indústria da construção civil, especialmente em seus métodos executivos e na gestão de seus processos, a fim de melhor capacitá-la para a sua missão de aliar produtos de melhor qualidade e desempenho com as necessidades de rapidez e racionalização de materiais, justifica os esforços para o desenvolvimento e análise de novas tecnologias.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo de uma patente do sistema construtivo em particular, produzido pela empresa A na Argentina e distribuído no Brasil pela sua correspondente brasileira, situada na região metropolitana de Porto Alegre.

2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) análise de suas características, interfaces e implicações com outros elementos constituintes do sistema apenas para edificações térreas;
- b) análise dos processos, relativos ao emprego da tecnologia abordada, resumem-se à gestão da produção em obra, ficando fora da análise questões de projeto;
- c) a abrangência do estudo do método construtivo restrita ao estado do Rio Grande do Sul, considerando as disposições normativas brasileiras e as questões de ordem perspectiva, tais quais as percepções pós-compra aplicados a um limitado número de consumidores gaúchos;
- d) o alcance dos questionários acerca do sistema Concreto/PVC, que está aplicado apenas em nível regional;
- e) a análise de desempenho do sistema está limitada às informações prestada pelo fabricante, podendo não abranger a análise de todos os requisitos de norma;

- f) a utilização da edição de 2008 da NBR 15.575, Norma Brasileira de Desempenho, para comparação dos valores exigidos pela norma com as informações dos laudos técnicos do sistema.

2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) estudo do sistema construtivo abordado;
- c) confronto entre as conclusões dos laudos técnicos do sistema construtivo com as exigências da Norma de Desempenho;
- d) análise do eventual enquadramento do sistema construtivo na carteira de financiamento disponível nos órgãos financiadores;
- e) criação de instrumentos para levantamento de dados em campo;
- f) aplicação de questionário aos usuários do sistema;
- g) aplicação de questionário aos empreendedores do sistema;
- h) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

O andamento do trabalho se deu, primeiramente, por **pesquisa na bibliografia** sobre assuntos correlacionados a novas tecnologias e sistemas construtivos, bem como a literatura que aborda questões ligadas a industrialização na construção civil. As informações para tal vieram de livros, teses, relatórios técnicos, revistas técnicas especializadas e de materiais obtidos através da detentora da patente do sistema em questão no Brasil.

Seguiu-se, então, com o **aprofundamento do conhecimento técnico e executivo** da tecnologia abordada, a partir de informações sobre o sistema construtivo. Essas foram obtidas de materiais como dados de apresentação do sistema, especificação dos elementos constituintes e de capacitação para montagem do mesmo, além de acompanhamento das atividades de execução *in loco*. As visitas técnicas ocorreram em obras em andamento e em já concluídas, nas cidades gaúchas de Cachoeira do Sul, Porto Alegre e Rio Grande. Decorrente desse acompanhamento, verificou-se as principais condicionantes do processo, bem como identificou-se em quais pontos o sistema construtivo em questão se mostra eficiente e, em quais, se apresenta deficiente, tanto do ponto de vista executivo quanto nas fases de planejamento, compras, estocagem, mão de obra, acabamento e geração de resíduos, frente ao processo construtivo convencional.

Haja vista que o sistema construtivo abordado neste trabalho já fora objeto de análise de desempenho em laboratórios brasileiros e detenha laudos técnicos outorgados por instituições devidamente certificadas, o mesmo não foi novamente ensaiado. Em vez disso, com base nas informações disponíveis nos laudos emitidos, que atestam o **desempenho do sistema construtivo** sob uma série de requisitos, os mesmos foram cotejados com as disposições normativas de desempenho vigentes.

Após esse trabalho, procurou-se confrontar as propriedades do sistema com as exigências de algumas instituições financeiras. O objetivo de tal procedimento foi o de **identificar quais seriam as linhas de financiamento**, caso existissem, nas quais edificações executadas pelo sistema em Concreto/PVC se encaixariam. Comprovada a viabilidade de crédito, buscou-se brevemente discorrer sobre suas características e aplicações e situá-las, de forma simplificada, no contexto macroeconômico brasileiro.

Para a etapa seguinte, as informações acumuladas serviram de subsídio para a **elaboração de dois questionários**. O primeiro foi redigido de forma a obter as percepções dos empreendedores, abrangendo questões ligadas ao conhecimento do sistema construtivo,

prazos, mão de obra, fornecedores, *payback*, manutenção e suas expectativas futuras. Foi aplicado, de maneira análoga, desta vez em número mais representativo, questionário adaptado para filtrar as exigências do usuário final. Através deste instrumento, buscou-se obter a visão do morador, seu nível de conhecimento sobre o produto adquirido, de satisfação com o imóvel, se houve o atendimento às expectativas pré-compra, sua sensação de bem estar dentro do ambiente construído e sobre as suas percepções futuras.

Por fim, confiante de que o acúmulo de dados foi detalhado ao nível de permitir o **confrontamento das informações**, buscou-se extrair indicações acerca da aceitação do produto pelo usuário, perspectivas de investimento pelos empreendedores, potenciais resistências em particular e entraves mais relevantes do processo.

3 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

A indústria da construção civil, uma das mais primitivas indústrias da qual o homem tem feito uso por séculos, continua com função essencial no desenvolvimento da civilização atual. Suas práticas têm sido constantemente alteradas e ajustadas para uma melhor resposta ao contexto socioeconômico no qual se inserem. Conforme as definições dadas por Sebestyén (1998, p. 1), a indústria da construção é um setor econômico tal como qualquer outro. Entretanto, enquanto o setor manufatureiro moderno tem uma história apenas breve, a construção e seus **produtos** – edificações, vilarejos e cidades – têm uma história que remete a vários milhares de anos.

Sabbatini e Agopyan (1991, p. 4) consideram que “[...] a construção de edifícios dispõe de tecnologias já sedimentadas, desenvolvidas ao longo do tempo e de forma quase sempre empírica.”. Entretanto, a despeito do fato de a indústria da construção ter acumulado bastante conhecimento e amplo domínio sobre seus processos, adquiridos ao longo da história pelas suas repetidas experiências, estes não foram suficientes para alcançar níveis altos de produtividade. Sobre isso, os autores completam, “[...] estas tecnologias caracterizam-se por terem condições de produção amplamente insatisfatórias para uma vasta gama de aplicações.”.

As deficiências da indústria da construção, expostas através dos anos, levaram o setor a ser visto por muitos como ineficiente e desperdiçadora de recursos, como quando afirmam Sabbatini e Agopyan (1991, p. 4) que as “[...] condições de produção se traduzem normalmente por uma baixa produtividade (de todos os recursos envolvidos), baixo nível de produção e exigência de um grande volume de mão de obra especializada.”.

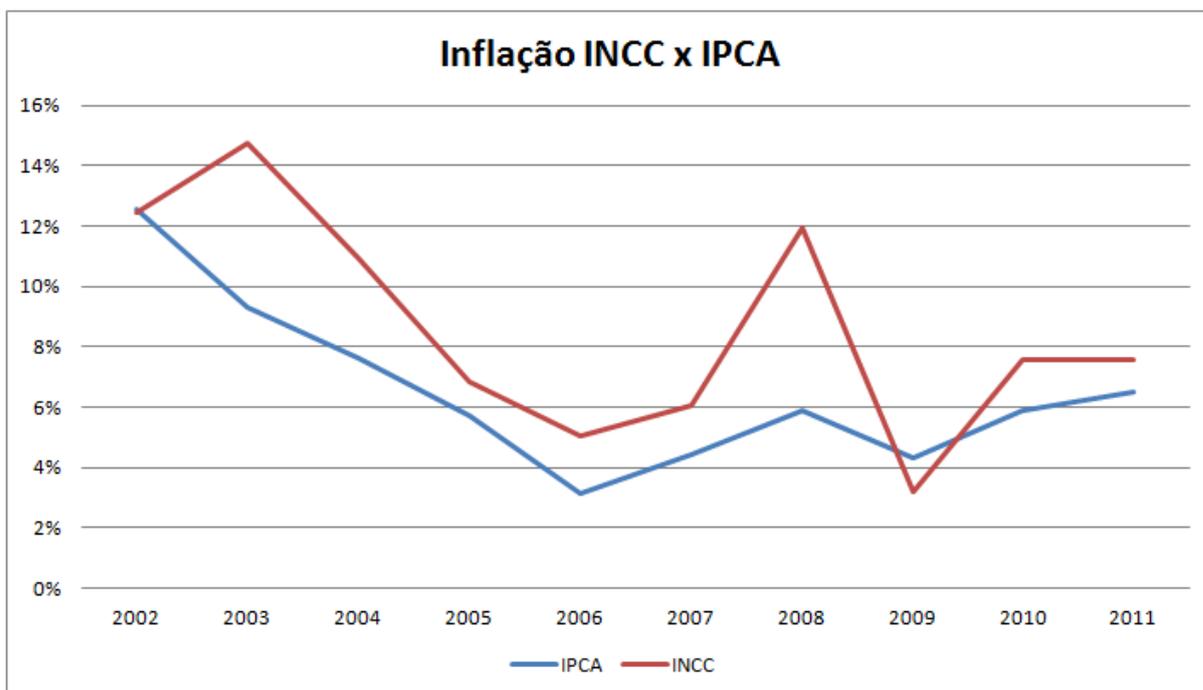
O cenário da construção civil, entretanto, é visto como em transição, conforme coloca Barros (1998, p. 118). Segundo a autora, passou a ficar evidente o aumento da competitividade entre as empresas, a partir de uma ampla abertura de mercado, com a entrada de organizações e tecnologias estrangeiras, criando-se um clima propício à inovação, às mudanças tecnológica e organizacional.

Uma capacidade de adaptação muito maior também tem sido requerida da indústria da construção, a partir da imposição de usos mais racionais dos recursos energéticos e

ambientais, dispostos em atuais regulamentações, tais como a Resolução n. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de julho de 2002, que trata da gestão dos resíduos da construção e a NBR 15.575, que desde 2008 é a Norma Brasileira de Desempenho para edificações de até cinco pavimentos.

Estão cada vez mais presentes também questões ligadas à competitividade, que traz à tona a necessidade de aumento de produtividade e redução de custos de produção, custos indiretos e de perdas. Conforme se pode verificar com base nas informações da figura 2, a inflação anual acumulada medida para o setor da construção civil através do Índice Nacional de Custo da Construção do Mercado (INCC-M), divulgado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), manteve-se acima, a exceção de 2009, da inflação ao consumidor final na série dos últimos dez anos, representada pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), aferido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dentro dessa ótica, se faz importante a busca por meios de aumentar a produtividade e melhorar a relação de custo/m² construído.

Figura 2 – Comparação entre a inflação do setor da construção civil e a do consumidor final entre os anos de 2002 e 2011



(fonte: baseado em FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2012; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012)

Este capítulo pretende, expondo os atuais parâmetros da indústria da construção civil, fazer uma análise das oportunidades de desenvolvimento do setor, de modo que o mesmo atinja os padrões alcançados por outros segmentos e atenda às expectativas do maior número possível dentre os seus agentes. O enfoque é dado ao desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos. Dentro deste contexto, de se incentivar a inovação através da busca por novas soluções ou pela otimização das ferramentas atualmente disponíveis, é que o sistema construtivo em Concreto/PVC se apresenta. Entretanto, conforme é abordado, a aplicabilidade e os resultados advindos do uso de novas tecnologias devem ser corretamente previstos dentro de uma abordagem técnica, de modo a dar segurança a todos os agentes, sob o risco de se gerar efeito contrário e muito prejudicial, diminuindo a receptividade do mercado quanto à adoção de novas tecnologias construtivas.

3.1 EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO

Segundo Sabbatini e Agopyan (1991, p. 2), “[...] os objetivos claros e irrefutáveis da atividade de desenvolvimento dos modos de construir são os de incrementar a produtividade, otimizar o uso de recursos e elevar o nível de produção da construção civil.”. Os autores sintetizam a importância do contínuo desenvolvimento de novos métodos construtivos quando afirmam que a atividade é, “[...] no plano técnico, a principal indutora da industrialização da construção civil, o que vale dizer, do progresso neste campo.”.

Os meios de construção incorporam componentes locais e sofrem interferência e influência de diversos fatores, como culturais e econômicos. No Brasil, conforme relatam Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 2), os novos sistemas construtivos surgiram como alternativas ao processo tradicional de construção, “[...] visando suprir o déficit de habitações [...], principalmente com a construção de grandes conjuntos habitacionais a partir da década de 70.”.

A evolução dos modos de construir está ligada ao desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos. Os métodos devem primar pela eficiência, reduzindo o número de processos e agentes, de maneira a otimizar os meios de produção e reduzir as incertezas. Métodos ajustados corretamente aos objetivos de produção resultam em maior previsibilidade. Sobre isso, Isatto et al. (2000, p. 78, 123) colocam que com o aumento da confiabilidade, consegue-se não apenas uma maior visibilidade quanto ao futuro – como por exemplo, em relação à expectativa de conclusão da obra no prazo – mas também evita-se a ocorrência de

desvios que interferem na execução dos processos, tais como a falta de materiais, mão de obra ou equipamentos.

O aprimoramento dos processos é o estágio mais micro de aplicação de novas técnicas, propiciando a evolução do sistema como um todo. Desta forma, sua busca deve ser contínua. Ainda segundo Isatto et al. (2000, p. 24-25), a melhoria do desempenho de um processo deve focar na eliminação de perdas e na elevação dos níveis de racionalização. A partir do momento em que tal objetivo é alcançado, passa-se a avaliar a possibilidade de introduzir uma inovação tecnológica nas atividades de conversão. A edificação de uma parede é uma atividade de conversão, pois transforma matérias-primas (tijolos, cimento, areia e água) em produto acabado (parede). Uma vez introduzida esta inovação, paredes em Concreto/PVC, por exemplo, precisa-se novamente melhorar o desempenho das atividades de fluxo (estoque, espera, transporte de materiais), num processo de melhoria contínua.

O desenvolvimento de sistemas construtivos fundamenta-se na evolução tecnológica que, segundo Sabbatini e Agopyan (1991, p. 5), “[...] passa pela criação ou aperfeiçoamento de: materiais e componentes, procedimentos operacionais e procedimentos organizacionais (planejamento, administração e controle das operações construtivas)”. Se uma vez construía-se com barro e madeira, a descoberta e desenvolvimento de novos materiais (cimento, gesso e uma variedade de polímeros), processos (protensão, estaqueamento profundo) e técnicas de gestão possibilitaram a evolução de muitas áreas da construção civil e ampliaram a gama de soluções possíveis ao alcance dos engenheiros.

Entretanto, toda a busca por melhorias deve manter o foco no consumidor. Conforme Rocha et al. (2004, p. 39), “[...] o mais importante é analisar o que agrega valor. A empresa não pode optar por uma certa melhoria no produto por impulso ou capricho, por achar que isto ou aquilo será bom. É preciso saber se a alteração pensada como sendo uma melhoria será valorizada pelo cliente.”. Dentre os propósitos deste trabalho, também está a observação da eficácia do sistema estudado quanto ao atendimento destas considerações.

3.2 RETAGUARDA TECNOLÓGICA NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES

Sabbatini e Agopyan (1991, p. 3) mostram preocupação com a adoção de novas técnicas construtivas sem a devida comprovação científica de sua aplicabilidade e desempenho. Em suas palavras, “[...] um novo modo de construir tem, necessariamente, de apropriar um elevado *quantum* de tecnologia, para realmente representar uma solução, ao invés de se constituir em apenas mais uma ideia mágica.”. Segundo os autores, por vezes, condições de mercado são vistas como suficientes para, “[...] instantaneamente, brotarem do nada novas tecnologias construtivas aptas a apresentarem soluções adequadas para problemas que há muito tempo não as possuem.”.

Certamente, existem hoje fatores no mercado que o tornam atrativo à entrada de novas tecnologias. A necessidade da indústria de reduzir seus custos e prazos, impulsionados pela forte demanda e pela pressão econômica (custos com mão de obra, materiais, capital), poderia induzi-la a adotar soluções de garantia duvidosa na tentativa de eliminar seus gargalos. Essa preocupação de ordem técnica existe e Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 1) mencionam a necessidade da criação de uma retaguarda tecnológica, gerada pela necessidade de industrialização da construção, surgindo a consciência da avaliação de desempenho dessas soluções inovadoras e do controle da qualidade na produção dos edifícios habitacionais, como forma de proteger o setor.

Sullivan¹ (1980 apud SABBATINI; AGOPYAN, 1991, p. 6), afirma: “[...] não há soluções universais ou padronizadas. As tecnologias construtivas não são transferíveis de lugar para lugar, do mesmo modo que não o são as características ambientais. Os sistemas têm que ser adaptados a uma particular cultura e a economia local.”.

O sistema em Concreto/PVC teve origem no Canadá e sua concepção focou-se em desenvolver um sistema de construção capaz de dar velocidade a construção de habitação em períodos pós-desastres (inundações, tempestades). A precaução nessa transferência de tecnologia já foi observada anteriormente, conforme Sabbatini e Agopyan (1991, p. 7), que citam o BNH (BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO, 1978)², que já indicava naquela

¹ SULLIVAN, B. J. **Industrialization in the Building Industry**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1980.

² BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO. **Sistema de Racionalização da Construção Habitacional**. Rio de Janeiro, 1978.

época: “[...] a adoção de tecnologias importadas, sem adequação às nossas condições, tem causado retrocesso, principalmente pelas repercussões de seus fracassos no desenvolvimento de tecnologias apropriadas.”.

Peter Kellett³ (1990 apud MITIDIERI FILHO; HELENE, 1998, p. 2) aborda os insucessos na construção de habitações populares na Grã-Bretanha do Pós-Guerra, em função de razões tecnológicas e sociais. Aponta que logo após a Segunda Grande Guerra, foi introduzido um ambicioso programa de construção de habitações pré-fabricadas, visando suprir as habitações danificadas e destruídas durante a Guerra, da ordem de quatro milhões.

Em função de problemas de ordem tecnológica ou social, várias dessas habitações foram demolidas, sendo 105.000 apenas na Inglaterra entre 1980 e 1986, com um número de usuários diretamente afetados ao redor dos 6 milhões de pessoas. Inegavelmente, além do enorme prejuízo social e financeiro, o acontecimento de eventos dessa ordem abala consideravelmente a credibilidade do setor. Experiências como essas devem servir para desenvolver uma nova consciência, segundo Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 2, grifo dos autores):

A grande conclusão desse legado é que **‘não se pode empregar novas tecnologias, novos processos e sistemas de construção, sem antes ter ensaiado ou avaliado’**. Isto gerou na Inglaterra, assim como no Brasil, um certo ceticismo quanto ao emprego de novas tecnologias.

Essas experiências foram também vivenciadas no Brasil, frente a implementação de grandes projetos habitacionais com uso de sistemas construtivos inovadores a partir da década de 70. As experiências iniciais, desenvolvidas na Bahia e em São Paulo, contavam com diferentes sistemas construtivos. Indiferentes as precauções necessárias ao uso de novas soluções construtivas, muitos desses empreendimentos habitacionais apresentaram precocemente manifestações patológicas. Tais problemas, oriundos do processo construtivo, comprometeram aspectos de segurança, habitabilidade e durabilidade dessas habitações (MITIDIERI FILHO; HELENE, 1998).

³ KELLETT, P. ¿Tecnología inapropiada? experiencias de vivienda social em Gran Bretaña. **Informes de la Construcción**, [S. l.], v. 42, n. 409, p. 55-62, 1990.

4 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

O presente capítulo versa sobre a gestão dos processos envolvidos nos sistemas construtivos, que são, na sua essência, sistemas de produção. São citados alguns preceitos bastante consolidados em abordagens atuais, algumas aplicadas diretamente ao macro-setor da construção civil, como é o caso do conceito de *Lean Construction* ou Construção Enxuta. Em resumo, diversas teorias próprias da indústria manufatureira têm sido estudadas, objetivando adaptá-las às particularidades da construção civil, elevando o grau de industrialização da mesma. Um dos conceitos base é a visão dos métodos construtivos como série de processos, e tem sido explorada no sentido de se melhorar a eficiência de cada um deles e promover um melhor desempenho global. Todas as diferentes abordagens têm por objetivo comum obter uma melhor resposta frente às exigências de produção do competitivo ambiente de mercado atual.

Um sistema de produção usa recursos das operações para transformar insumos nos produtos desejados. Um insumo pode ser uma matéria-prima ou um produto acabado oriundo de outro sistema de produção. Os recursos das operações consistem dos recursos humanos, das instalações, onde a produção é desenvolvida, das partes materiais, como os equipamentos, dos processos e sistemas de planejamento e controle da produção (MACHADO, 2003, p. 22).

4.1 DEFINIÇÕES DE INDUSTRIALIZAÇÃO E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Sebestyén (1998, p. 241, tradução nossa) afirma que a própria Revolução Industrial foi baseada em uma revolução científica e em invenções tecnológicas. Pondera que no início, “[...] todos os setores produtivos eram geridos de maneira instintiva [...]. Gradualmente, entretanto, os grandes empreendimentos industriais começaram a desenvolver novos métodos de gestão.”. Apesar disso, a indústria da construção não conseguiu acompanhar as atualizações de gestão da manufatura na mesma velocidade.

A indústria, por conseguinte, precede a construção na capacitação dos meios de gestão, desta forma se faz válido examinar o caminho que a indústria tomou antes de se estudar a gestão na

própria construção. Básicos princípios, fundados na ciência da gestão industrial, preconizam que (SEBESTYÉN, 1998, p. 242):

- a) unidades de larga produção são mais eficientes que as de pequena produção;
- b) produção em larga escala, séries de produção maiores, processos de produção mais repetitivos e a padronização de produtos permitem economia em tempo e custos;
- c) existem métodos tecnológicos e de gestão otimizados sensíveis a cada processo, e estes devem ser explorados e aplicados a fim de obter resultados ótimos.

Entretanto, existem diferenças significativas entre a construção e a manufatura, de forma que as teorias de gestão desenvolvidas para a indústria de manufatura somente são aplicáveis à indústria da construção até um certo limite. Embora não se possa transferir diretamente as técnicas de gestão implementadas na indústria manufatureira, muito de sua teoria tem sido explorada e ajustada ao enfrentamento das problemáticas da construção civil. Sabbatini e Agopyan (1991, p. 8) lembram que “[...] a essência da industrialização é a organização, não apenas no meio de produção empregado, mas também do organismo produtor.”.

Na construção civil, conforme identificado também por Duerto⁴ (1978 apud MITIDIÉRI FILHO; HELENE, 1998, p. 1), a necessidade de se imprimir uma mentalidade industrial ao setor, como o desenvolvimento de novos materiais, técnicas e sistemas construtivos, gerou um aumento significativo e progressivo da complexidade dos edifícios. Como resultado, teve-se que a arte de construir tornou-se, cada vez mais, de difícil domínio por parte de todos os agentes intervenientes. Com necessidade crescente de informações e parâmetros sobre a adequabilidade e o desempenho de novos produtos e técnicas construtivas passou-se a depender cada vez mais do envolvimento de um número maior de especialistas. Desse modo, a gestão dos processos passou a ser chave na eficiência dos fluxos de produção.

O mapeamento dos processos fornece uma radiografia dos fluxos dos insumos no seu caminho até o final do ciclo de produção. A partir desses dados, pode-se estudar melhorias nas eficiências dos processos e meios de se ter uma redução de perdas. De forma geral, quanto maior o número de passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor. Assim, pode-se aumentar a eficiência do ciclo de produção não só através da

⁴ DUERTO, A. R. **La evaluación técnica de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales para la construcción**. Madrid: IETCC, 1978.

melhoria da eficiência das atividades de conversão e de fluxo, mas também pela eliminação de algumas das atividades de fluxo (ISATTO et al., 2000, p. 18).

Segundo Isatto et al. (2000, p. 4), diversos diagnósticos realizados no Brasil e no exterior indicam que a maioria dos problemas que resultam em baixos patamares de eficiência e qualidade na construção civil têm origem em problemas gerenciais. Neste contexto, consideráveis esforços por parte das empresas têm sido direcionados no sentido de introduzir no setor modernas filosofias gerenciais, algumas das quais desenvolvidas inicialmente em outras indústrias.

4.2 CONCEITO DE LEAN CONSTRUCTION

O trabalho de Koskela (1992) analisou o modelo de produção da indústria da construção civil. Ele estudou as características de produtividade, qualidade e segurança desta indústria comparativamente aos demais setores manufatureiros, como já fora feito por outros autores. Diante das deficiências constatadas, buscou formas de incrementar a produtividade do setor da construção, fazendo uso das experiências bem sucedidas nos outros segmentos da indústria.

As bases conceituais para a formulação da teoria da Construção Enxuta são adaptações das experiências de gestão obtidas com o Sistema Toyota de Produção. A mudança do conceito de processo de produção é o principal diferencial entre a mentalidade tradicional e filosofia *lean*. Na conceituação convencional, o processo de produção é tratado como um processo de conversão. Segundo Koskela (1992, p. 13, tradução nossa), “[...] este modelo é falso, onde em vez disso, deve-se entender os passos da produção como um fluxo de processos que incluem conversão, inspeção, movimentação e espera.”.

Os objetivos da nova metodologia de análise de processos de produção são, conforme o autor (KOSKELA, 1992, p. 17-24):

- a) redução do número de atividades que não agregam valor;
- b) aumento do valor do produto pela consideração dos requisitos do cliente final;
- c) redução da variabilidade (dos materiais e processos);
- d) redução do tempo de ciclo;
- e) minimizar o número de passos ou partes das atividades;

- f) aumento da flexibilidade do produto final;
- g) aumento da transparência dos processos;
- h) foco no processo como um todo;
- i) estabelecimento de melhoria contínua em todo o processo;
- j) equilíbrio entre a melhora dos fluxos e a melhora dos processos de conversão;
- k) realização de *benchmarking*.

O alvo das ações disposta acima é a identificação de todas as etapas do processo de produção, avaliação de sua eficácia e eficiência e a correlação entre os processos. O foco está nos processos, eliminação de perdas e aumento de produtividade. Consoante afirmação de Isatto et al. (2000, p. 7), “Estima-se que dois terços do tempo gasto pelos trabalhadores em um canteiro de obras estão nas operações que não agregam valor: transporte, espera por material, retrabalhos [...]”.

Na construção enxuta, os conceitos estão associados à noção de agregação de valor. Assim, o conceito de perda não está limitado ao consumo excessivo de materiais somente, mas insumos de qualquer natureza, tais como materiais, mão de obra, equipamentos e capital, acima da quantidade mínima necessária para atender os requisitos dos clientes internos e externos. Algumas atividades de produção representam perdas, por não agregarem valor, mas não podem ser eliminadas por serem inerentes aos processos ou porque o investimento necessário para a sua redução é maior que a economia que seria gerada. Outras perdas, todavia, são evitáveis. Elas são consequência de processos nos quais os recursos são aplicados inadequadamente (ISATTO et al., 2000, p. 27).

O novo modelo de prática gerencial preconizado pela construção enxuta possibilita a redução das perdas com medidas de prevenção sem, necessariamente, fazer grandes investimentos em tecnologia. Isto porque muitas perdas originaram-se fora dos canteiros de obras, nas etapas que antecedem a produção, principalmente devido a problemas de caráter gerencial, tais como projetos inadequados, falta de planejamento ou deficiências no processo de suprimentos (ISATTO et al., 2000, p. 69-70).

5 CONCEITO DE DESEMPENHO

No Brasil, o conceito de desempenho começou a ser discutido na década de 70, período no qual o elevado crescimento econômico estimulou o setor da construção civil. Durante esta época, o surgimento de novos sistemas construtivos levou a percepção quanto à necessidade de criação de instrumentos de avaliação técnica destas soluções. Daquele período até hoje, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) tem sido destacadamente o instituto mais atuante, em nível nacional, nas discussões sobre o tema (GONÇALVES et al., 2003).

Como uma das definições existentes, tem-se que “A palavra desempenho, cujo significado é comportamento em utilização, caracteriza o fato de que um produto deve apresentar certas propriedades a fim de cumprir sua função quando sujeito a determinadas influências ou ações durante sua vida útil.” (CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT⁵, 1975 apud MITIDIERI FILHO; HELENE, 1998, p. 7). Entretanto, a definição do desempenho esperado está ligada às expectativas e experiências do usuário sendo os seus padrões mínimos amplamente variáveis. Desta maneira, a definição de desempenho desejado é complexa por estar envolvida em uma série de conceitos subjetivos, variáveis com o tempo e região, e baseados diretamente na imagem associada ao produto e a empresa.

As condições de exposição, uso e operação influenciam na obtenção e manutenção do desempenho esperado ao longo do tempo. No caso de habitações, as condições de exposição são variadas e devidas aos fenômenos de origem natural, de origem externa e devidas à própria utilização do imóvel (MITIDIERI FILHO; HELENE, 1998, p. 13). As condições de uso e operação são definidas em projeto e devem ser seguidas pelos usuários, sob pena de descaracterizar a sua funcionalidade e alterarem seu desempenho.

Conforme Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 8), o desempenho da edificação é característica do seu comportamento sob condições normais de uso, o qual é possível de ser estimado. Faz-se isso, a partir da combinação de métodos de avaliação, tendo como resultado uma previsão de seu comportamento potencial.

⁵ CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT. **Performance concept and its terminology**. Paris: Centre Scientifique et Technique du Batiment, 1975. CIB Report n. 32.

A avaliação de soluções construtivas com base em uma abordagem de desempenho mostra-se favorável se comparada à metodologia prescritiva, tradicionalmente abordada pelas normas, em que são detalhados materiais, métodos e dimensões específicas a serem obedecidas. Ou seja, a abordagem de desempenho se presta a definir os requisitos que devem ser atendidos e não de fato como a solução deve ser construída. Desta forma, tornam-se mais flexíveis as especificações de projeto, o que se traduz por incentivo ao desenvolvimento tecnológico e ao progresso da indústria (BORGES, 2008).

A definição de padrões de desempenho é importante para assegurar requisitos mínimos de qualidade e durabilidade. Uma edificação, diferente da maioria dos produtos, não é um bem de consumo ou compra repetitiva. Principalmente para os setores de menor renda da sociedade, a falta de elementos de comparação, uma vez que poucos destes comprarão mais de um imóvel durante sua vida, aliada a falta de conhecimento para avaliarem o que é ou não exigência mínima no desempenho de uma edificação demonstra a necessidade de impor-se ao projetista e ao construtor o atendimento de padrões adequados de qualidade.

Com o objetivo de definir claramente uma série de requisitos básicos de desempenho de edificações foi criado no ano 2000 a Comissão de Estudos (CE) da Norma Brasileira de Desempenho de Edifícios. As discussões acerca do tema levaram a aprovação, em 2008, da NBR 15.575 – Edifícios Habitacionais de até 5 Pavimentos – Desempenho.

De acordo com Borges (2008), o principal fator motivador para a criação da CE, financiada pela Caixa Econômica Federal (CEF), notoriamente o maior órgão financiador imobiliário brasileiro, seria a definição de referências para a avaliação de sistemas construtivos inovadores, em que se insere o Concreto/PVC. Não surpreendente, ao longo dos oito anos de discussão da CE, com a participação de diferentes grupos do macro setor da construção civil, motivações diversas também tomaram espaço. De modo geral, as disposições da Norma criam limitações técnicas básicas e que devem ser garantidas ao longo da vida útil de projeto (VUP) da edificação. A definição de tempos de VUP adequados para as edificações e seu conjunto de sistemas também é um importante tema abordado nesta Norma, visto que os financiamentos habitacionais são de longa duração, a exigência dos novos padrões de sustentabilidade é crescente e que o menor custo global (aquisição, uso, operação, manutenção e demolição) deve ser considerado ao invés da simples avaliação do custo de construção. De forma

informativa, a VUP mínima dos elementos do sistema construtivo em Concreto/PVC é de 40 anos, uma vez que constituem a estrutura da edificação.

Nos itens que seguem, pretende-se discorrer sobre a formatação de uma análise de desempenho, desde a criação de parâmetros de avaliação de desempenho até a estipulação de níveis de desempenho mínimos esperados e suas implicações com questões sociais, econômicas e ambientais. Além disso, aborda-se mais detalhadamente o texto da Norma de Desempenho no tocante aos requisitos e critérios de desempenho, os quais servem de referência para a eventual validação de conformidade do sistema Concreto/PVC.

5.1 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Nas palavras de Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 7), “[A avaliação de desempenho] caracteriza de forma mais precisa o que deve ser atendido pelo edifício e suas partes e quais os métodos devem ser empregados na sua avaliação. Para tal, o edifício é entendido como um produto que deve atender às exigências do usuário.”. Segundo os autores, é tendência no Brasil, quando se vai proceder à avaliação de novos componentes, elementos e sistemas construtivos, se tomar o tradicional como referência e, por comparação, julgar as soluções inovadoras com base nas exigências normalmente requeridas dos sistemas tradicionais.

Para o caso da construção de habitações térreas, tem-se como convencional o uso de alvenarias de tijolos ou blocos (cerâmicos ou de concreto). O que se entende por exigência do usuário, muito se baseia na experiência do mesmo com esse sistema, servindo desta forma como medida na avaliação de novas tecnologias, como o Concreto/PVC. Provavelmente, se este não conseguir a mesma eficiência que o sistema convencional é capaz de atingir, ele não atenderá às expectativas de desempenho. Souza⁶ (1982 apud MITIDIÉRI FILHO; HELENE, 1998, p. 8) conclui que “[...] a avaliação de desempenho, portanto, é baseada em requisitos e critérios de desempenho, e em métodos de avaliação que permitem verificar se o edifício e suas partes atendem às condições estabelecidas.”.

Na dissertação de Borges (2008), o autor, que coordenara a Comissão de Estudos da Norma Brasileira de Desempenho, identificou junto aos principais agentes da construção civil

⁶ SOUZA, R. A avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitações. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, 5., Campinas, 1982. **Anais...** Campinas, 1982.

(projetistas, construtores, incorporadores, agentes imobiliários) quais seriam as principais motivações para avaliação das soluções construtivas sob a ótica do conceito de desempenho, dentre as quais se destacam:

- a) criação de uma referência para a avaliação de sistemas construtivos inovadores;
- b) diminuição da subjetividade na comparação de diferentes soluções e práticas;
- c) estímulo ao desenvolvimento tecnológico;
- d) criação de uma limitação técnica, de forma a melhorar a concorrência setorial, proteger o usuário e aumentar a qualidade dos objetos de concorrência pública;
- e) definição das responsabilidades legais para obtenção e manutenção do desempenho desejado ao longo do tempo;
- f) criação de nova metodologia de projeto e de controle de qualidade.

5.2 EXIGÊNCIAS DOS USUÁRIOS

Dentro dos parâmetros que balizam a avaliação de desempenho de uma edificação, uma das mais importantes é o atendimento por parte da construção quanto às exigências dos consumidores. A Norma Brasileira de Desempenho define a exigência dos usuários como o conjunto de necessidades desses a serem satisfeitas pelo edifício habitacional (e seus sistemas) de modo a cumprir com as suas funções (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a). Ou seja, não basta o edifício apresentar características mínimas de desempenho, caso essas estejam aquém do que demanda o comprador. Desta forma, as exigências dos usuários são necessidades que devem ser satisfeitas pelo edifício, a fim de que este cumpra sua função.

De acordo com Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 9), serão as exigências humanas que definirão os parâmetros para os atributos da qualificação do edifício, no conceito de desempenho. Assim, tem-se como necessária a participação de um novo quadro de profissionais desde a etapa de projeto. Os autores propõem que devem ser somadas às disciplinas tradicionais de Arquitetura e Engenharia, outras como: Ergonomia, Fisiologia, Psicologia, Sociologia, Antropologia e disciplinas especializadas, como por exemplo, a Geriatria.

A necessidade de se prever mudanças nas exigências humanas ao longo do tempo é tratada por Hattis⁷ (1996 apud MITIDIERI FILHO; HELENE, 1998, p. 9-10). Segundo ele, a natural evolução física, social, cultural e econômica, acaba por transformar em exigência o que era apenas desejo. Sendo assim, ocorrem mudanças no grau de satisfação do usuário frente ao desempenho do edifício, criando uma necessidade de renovação e adequação do mesmo a novos patamares de desempenho, presumindo níveis superiores aos anteriormente exigidos.

Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 12) apontam que as exigências humanas, no caso do edifício de uso habitacional, dizem respeito “[...] às condições necessárias à segurança e saúde do homem, ao seu conforto e à satisfação de suas preocupações econômicas, estas últimas derivadas das possibilidades e limitações de seus rendimentos e quanto à durabilidade da habitação.”. Podem ser, então, caracterizadas como de caráter fisiológico, psicológico, sociológico e econômico.

Em um país com identidades regionais distintas e de reconhecida disparidade social como o Brasil, é natural que as exigências dos usuários sejam diferentes para cada região. De maneira generalizada, toda a concepção de projeto é realizada com base na projeção de seu valor final, fazendo com que a definição dos materiais, sistemas e componentes seja guiada pelo orçamento, adaptando o seu desempenho ao que o mercado está disposto a pagar. Em contraponto, nos países onde o poder de compra é maior, as exigências dos usuários tendem a serem superiores, levando a uma maior preocupação dos fornecedores e construtores com a qualidade e durabilidade de seus produtos (BORGES, 2008).

As listas de exigências dos usuários que foram consideradas no texto da Norma de Desempenho tiveram como base o rol de dados apresentado na ISO 6241:1984, *Performance standards in buildings*, o que gerou a classificação de doze requisitos, detalhados na próxima seção, divididos em três grupos (GONÇALVES et al., 2003):

- a) segurança;
- b) habitabilidade;
- c) sustentabilidade.

⁷ HATTIS, D. Role and significance of human requirements and architecture in application of the performance concept in building. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM APPLICATIONS OF THE PERFORMANCE CONCEPT IN BUILDING, 3., Haifa, 1996. **Proceedings...** Haifa, 1996. 2v.

5.3 REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

A Norma Brasileira de Desempenho define requisitos de desempenho como as condições que expressam qualitativamente os atributos que o edifício habitacional e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam satisfazer às exigências dos usuários. Por sua vez, os critérios de desempenho são definidos como as especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a). Neste capítulo estão descritos os requisitos e critérios de desempenho conforme abordados na referência normativa NBR 15.575-4/2008, que trata do desempenho de edifícios residenciais de até cinco pavimentos, nas suas partes 1 e 4. A parte 1, é relativa aos requisitos gerais e, a 4, referente a Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas (SVVIE) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a, 2008b).

5.3.1 Segurança estrutural

Conforme as definições da NBR 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b), a segurança estrutural é assegurada com a conformidade da edificação com os requisitos de resistência mecânica em situações dinâmicas e estáticas, atuando individualmente ou em conjunto, assim com a resistência à impactos, ao abuso de uso, às cargas acidentais e à fadiga. Tem-se como requisitos e critérios de Norma para esse item os descritos no quadro 1.

Quadro 1 – Requisitos e critérios para segurança estrutural

Requisitos	Critérios
Estabilidade e resistência estrutural	Estado limite último
Deslocamentos, fissuração e descolamentos	Limitação de deslocamentos, fissuração e descolamentos
Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas	Capacidade de suporte para as peças suspensas
Impacto de corpo mole	Resistência ao impacto de corpo mole
Ações transmitidas por impactos nas portas	Resistir aos impactos causados pelas batidas de portas

Requisitos	Crêterios
Impacto de corpo duro	Resistência ao impacto de corpo duro
Cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas	Ações est�ticas horizontais, est�ticas verticais e de impacto de corpo mole incidentes em guarda-corpos e parapeitos

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b)

5.3.2 Segurança contra incêndio

Os requisitos e critérios de desempenho para segurança contra incêndios levam em consideração a sequência de etapas possíveis no desenvolvimento deste, tendo suas exigências pautadas para uma baixa probabilidade de início de incêndio, menor facilidade quanto   propagação do sinistro no local de origem e para outros ambientes, alta probabilidade de que os usuários sobrevivam ilesos, reduzida extensão de danos à propriedade e   vizinhança. São requisitos e critérios de Norma para o item segurança contra incêndio os descritos no quadro 2 segundo a NBR 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b, p. 12-14).

Quadro 2 – Requisitos e critérios para segurança contra incêndio

Requisitos	Crêterios
Dificultar o início do incêndio	Proteção contra descargas atmosféricas Proteção contra risco de ignição nas instalações elétricas Proteção contra riscos de vazamento nas instalações de gás
Facilitar a fuga	Rotas de fuga
Dificultar a inflamação generalizada	Propagação superficial
Dificultar a propagação do incêndio	Isolamento de risco � distância Isolamento de risco por proteção Assegurar estanqueidade e isolamento
Segurança estrutural	Minimizar o risco de colapso estrutural
Sistema de extinção e sinalização de incêndio	Equipamentos de extinção, sinalização e iluminação de emergência

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b)

5.3.3 Segurança no uso e operação

Ao longo da vida útil de uma determinada edificação deve haver segurança para o usuário relativamente aos elementos e componentes que a constituem. Para tal, as instalações não devem oferecer risco de qualquer ordem tanto no uso quanto na operação das mesmas. Neste sentido, os usuários da edificação devem seguir os cuidados de uso e efetuar as manutenções preventivas e corretivas necessárias. Os requisitos e critérios de desempenho previstos no texto da NBR 15.575-1 estão descritos no quadro 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a, p. 14-15).

Quadro 3 – Requisitos e critérios para segurança no uso e operação

Requisitos	Crítérios
Segurança na utilização do imóvel	Segurança na utilização dos sistemas (minimizar o risco por quedas ou ferimentos por falhas de sistemas)
Segurança das instalações	Sistemas não devem apresentar rupturas, partes expostas, cortantes ou perfurantes, deformações ou defeitos

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a)

5.3.4 Estanqueidade

Todas as edificações devem ser estanques à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes, tais como umidade do solo, do lençol freático e dos eventuais usos de água na operação e manutenção do imóvel. Deste modo, o sistema construtivo deve satisfazer os requisitos e critérios descritos no quadro 4 segundo a NBR 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b, p. 17-19).

Quadro 4 – Requisitos e critérios para estanqueidade

Requisitos	Crítérios
Infiltração de água	Estanqueidade à água
Umidade decorrente da ocupação	Estanqueidade com incidência direta de água – áreas molhadas

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b)

5.3.5 Desempenho térmico

Para o desempenho térmico da habitação são considerados o controle da temperatura, da radiação solar incidente e da ventilação no interior do imóvel. Os critérios de conforto devem ser obtidos independentemente da estação do ano ou da região a que estão expostos. Para a conformidade do sistema, os requisitos e critérios de Norma que devem ser atendidos são os descritos no quadro 5 segundo a NBR 15.575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b, p. 20-22).

Quadro 5 – Requisitos e critérios para desempenho térmico

Requisitos	Crítérios
Adequação de paredes externas	Transmitância térmica de paredes externas
Aberturas para ventilação	Áreas mínimas de aberturas para ventilação
Sombreamento das aberturas localizadas dos dormitórios em paredes externas	Sombreamento das aberturas

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b)

5.3.6 Desempenho acústico

Os sistemas construtivos devem possuir características acústicas de forma a garantir nível de desempenho satisfatório, segundo os requisitos e critérios da NBR 15.575-4, descritos no quadro 6. Esses avaliam se o desempenho acústico da habitação é eficiente ao ponto de assegurar conforto acústico, em termos de nível de ruído de fundo transmitido via aérea e estrutural, bem como privacidade acústica, em termos de não inteligibilidade à comunicação verbal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b, p. 22-26).

Quadro 6 – Requisitos e critérios para desempenho acústico

Requisitos	Crítérios
Níveis de ruído admitidos na habitação	Diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação externa em ensaio de campo Índice de redução sonora ponderado dos elementos construtivos da fachada pelo ensaio de laboratório Diferença padronizada de nível, ponderada entre ambientes em ensaio de campo Índice de redução sonora ponderado, entre ambientes pelo ensaio de laboratório

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b)

5.3.7 Desempenho luminítico

Os requisitos e critérios da NBR 15.575-1 para o item desempenho luminítico, descritos no quadro 7, preveem que durante o dia, as dependências da edificação, tais como sala de estar, dormitório, copa e cozinha, banheiro e área de serviço devem, direta ou indiretamente, receber conveniente incidência da luz natural em níveis mínimos. No período noturno, a iluminação artificial deve oferecer conforto e segurança para a ocupação e circulação nas áreas internas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a, p. 20-21).

Quadro 7 – Requisitos e critérios para desempenho luminítico

Requisitos	Crítérios
Iluminação natural	Níveis mínimos de iluminação natural
Iluminação artificial	Níveis mínimos de iluminação artificial

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a)

5.3.8 Durabilidade e manutenibilidade

Os requisitos de durabilidade e manutenibilidade da NBR 15.575-4 têm por objetivo garantir a manutenção da capacidade funcional e das características estéticas da habitação, ambas compatíveis com o envelhecimento natural dos materiais durante a vida útil de projeto e conforme as condições de submissão às intervenções periódicas de manutenção especificadas

pelos respectivos fornecedores. Os requisitos e critérios que são parâmetros para esta avaliação estão descritos no quadro 8 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b, p. 27-28).

Quadro 8 – Requisitos e critérios para durabilidade e manutenibilidade

Requisitos	Crítérios
Vida útil de projeto dos SVVIE	Vida útil de projeto
Manutenibilidade dos SVVIE	Manual de operação, uso e manutenção

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008b)

5.3.9 Saúde, higiene e qualidade do ar

A NBR 15.575-1 estabelece padrões para o controle da proliferação de microorganismos e poluentes no interior da edificação, uma vez que as exigências específicas são descritas em regulamentos técnicos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Os requisitos e critérios de Norma para o item saúde, higiene e qualidade do ar limitam-se aos descritos no quadro 9 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a, p. 23-24).

Quadro 9 – Requisitos e critérios para saúde, higiene e qualidade do ar

Requisitos	Crítérios
Proliferação de microorganismos	Propiciar condições de salubridade
Poluente no interior da habitação	Limitar a presença de CO ₂ e aerodispersóides

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a)

5.3.10 Funcionalidade

As previsões da NBR 15.575-1 têm a função de garantir, levando em consideração a ação repetitiva dos esforços, que as portas tenham um correto acoplamento com suas ligações e vinculações, resistindo aos efeitos de fechamentos bruscos e impactos nas folhas das mesmas. O requisito de desempenho é dado, pois, da interação com as portas do SVVIE, sendo as

ações transmitidas por portas, internas ou externas, o critério de desempenho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a, p. 24-27).

5.3.11 Conforto antropodinâmico

As disposições deste item têm por objetivo assegurar que as atividades normais dos usuários não devam ser prejudicadas por elementos, componentes, equipamentos ou quaisquer acessórios ou partes da habitação que apresentem rugosidades, saliências, depressões ou outras irregularidades, impedindo ou atrapalhando os moradores de caminhar, apoiar, limpar, brincar entre outras atividades. Os requisitos e critérios da NBR 15.575-1 para o item conforto antropodinâmico estão classificados conforme o quadro 10 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a, p. 27-28).

Quadro 10 – Requisitos e critérios para conforto antropodinâmico

Requisitos	Crítérios
Conforto táctil e adaptação ergonômica	Adequação ergonômica de dispositivos de manobra
Adequação antropodinâmica de dispositivos de manobra	Força necessária para o acionamento de dispositivos de manobra

(fonte: baseado em ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a)

5.3.12 Adequação ambiental

A NBR 15.575-1 lista uma série de recomendações, que têm por objetivo preservar o bom uso do solo e do meio ocupado como um todo, preconizando o uso racional dos recursos, menor degradação ambiental, além de recomendar a correta gestão dos resíduos originados no canteiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a, p. 28-29).

5.4 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A NBR 15.575 discorre, para cada um dos itens abordados, sobre seus respectivos métodos de avaliação de desempenho. Os métodos consideram a realização de ensaios laboratoriais, ensaios de tipo, ensaios em campo, inspeções em protótipos ou em campo, simulações e

análise de projetos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008a). Como para os fins do trabalho, os métodos em si não estão especificamente sob análise, apresenta-se somente uma síntese da metodologia adotada na aplicação do conceito de desempenho à avaliação do edifício ou de seus componentes e elementos.

Conforme Mitidieri Filho e Helene (1998, p. 12), a metodologia pode ser assim resumida:

- a) identificação das exigências do usuário a serem satisfeitas, como as exigências de desempenho estrutural;
- b) identificação das condições de exposição a que estão submetidas o edifício, seus elementos e componentes;
- c) definição dos requisitos e critérios de desempenho a serem atendidos pelo edifício, seus elementos e componentes, expressos qualitativa e quantitativamente, respectivamente;
- d) definição dos métodos de avaliação a serem adotados.

Enquanto os requisitos de desempenho são descritos de maneira qualitativa, os critérios de desempenho tem por característica uma valoração quantitativa. Isso implica em definir-se claramente o que se espera e se classifica como adequado para cada requisito em termos objetivos e, principalmente, mensuráveis. A aferição do atendimento ou não aos requisitos mínimos é alcançada através de métodos de avaliação, que se traduzem por ensaios e medidas, os quais geram verificações analíticas, ou através de inspeções em protótipos e em fábricas/usinas, e por meio de julgamento técnico (MITIDIÉRI FILHO; HELENE, 1998, p. 15).

Segundo os mesmos autores, este esquema constitui “[...] a base metodológica para a avaliação técnica de aptidão ao uso de novos materiais, componentes, elementos e sistemas construtivos destinados a edifícios habitacionais.” (MITIDIÉRI FILHO; HELENE, 1998, p. 15). Os autores definem ainda a aptidão ao uso como a comprovação de que o produto atende às diretrizes de qualidade independentemente de sua natureza, forma e procedência.

6 O SISTEMA CONSTRUTIVO

O sistema construtivo Concreto/PVC faz uso de dois materiais conhecidos da indústria da construção civil: o concreto e o PVC. Originalmente desenvolvido no Canadá, este sistema construtivo se caracteriza por apresentar um padrão alternativo aos elementos tradicionais de edificação de paredes estruturais. Ao passo que a construção convencional se utiliza predominantemente de tijolos e blocos, sejam eles cerâmicos, de concreto ou de qualquer outro material; o método construtivo neste caso está fundamentado na utilização de painéis ocios de PVC. Esses são encaixados entre si verticalmente e posteriormente preenchidos com concreto, dando forma a paredes (figura 3), muros e a coberturas de edificações.

Figura 3 – Habitação em Concreto/PVC



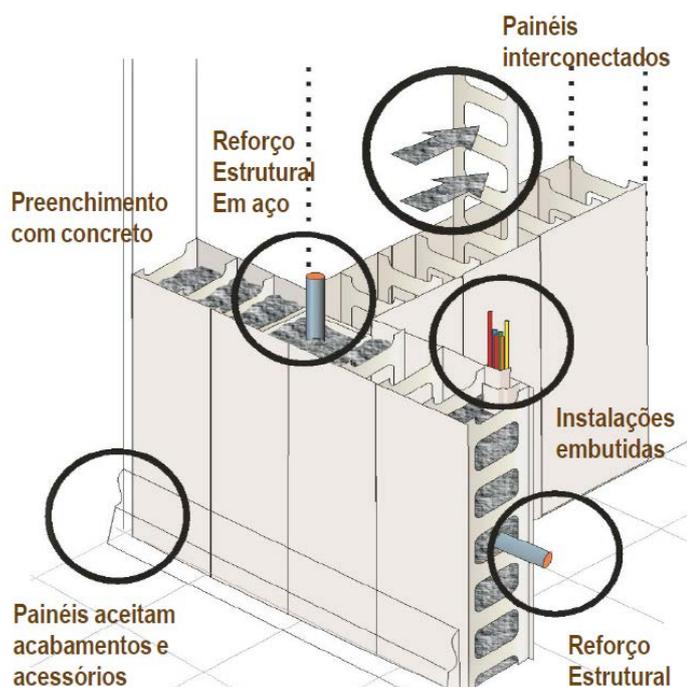
(fonte: MEDEIROS, 2012)

Analisando-se o sistema convencional, conforme sua sequência de montagem até o acabamento, neste os componentes são assentados individualmente com argamassa constituindo as juntas. Na etapa seguinte, muitas vezes esses componentes têm suas partes cortadas para o embutimento de tubulações, criando a necessidade de novos fechamentos e frequentes adaptações, evidenciando características de retrabalho. Posteriormente, ainda são requeridas argamassas de chapisco, emboço e reboco, ou massa única, até o ponto de se

aplicar o acabamento (pintura, cerâmica, papel de parede, aplique vinílico ou outro), constituindo, dessa forma, o revestimento.

No caso do Concreto/PVC, os painéis, que são perfis modulares de PVC com reforços internos longitudinais e faces laterais perfuradas, permitem a concretagem conjunta das paredes. O interior oco dos perfis facilita a colocação das armaduras e das tubulações das instalações elétricas, hidrossanitárias, de telefonia e de gás. O concreto é o material usado para aumentar a rigidez do conjunto e atingir a resistência mecânica requerida à estrutura através de sua introdução no interior das fôrmas, as quais por já conferirem acabamento à edificação, permanecem sem necessitarem de revestimento adicional. Na figura 4 pode-se observar uma representação esquemática do sistema.

Figura 4 – Representação do sistema Concreto/PVC



(fonte: MEDEIROS, 2012)

O sistema construtivo em Concreto/PVC tem aplicabilidade em uma ampla gama de edificações, já tendo sido utilizado na execução de edificações residenciais, comerciais, industriais e em outras como hotéis, hospitais, estações de tratamento de água e postos de abastecimento⁸. Entretanto, uma das limitações do sistema é o fato de ser desenvolvido para

⁸ Apresentação 'A Utilização do Sistema Royal para construção de casas populares' do Arq. Tiago S. Ferrari, apresentada no ConcreteShow 2011 e recebida pelo autor via email.

execução de obras de até quatro pavimentos. O projeto estrutural determina as especificações quanto à espessura do perfil, à resistência do concreto e à taxa de armadura, quando existe a necessidade de utilização da mesma.

O principal emprego do sistema hoje no Brasil está na execução de edificações residenciais térreas. Por essa aplicação não requerer um dimensionamento tão complexo devido às menores solicitações de cargas, o fornecedor sugere a utilização de concreto leve para o preenchimento dos módulos. Essa prática é corroborada por testes de laboratório⁹ e embasada pela experiência adquirida na execução de mais de 3.000.000 m² de área construída (MEDEIROS, 2012).

A essência do sistema construtivo Concreto/PVC está, sobretudo, nos painéis de PVC. Imaginando-os como fôrmas removíveis, a configuração final do conjunto sem os painéis se assemelharia muito do padrão atual de paredes de concreto. Entretanto, o fato de os perfis serem projetados para permanecerem na estrutura mesmo após o concreto alcançar determinado patamar de resistência, torna-se uma das características principais deste componente, por conferir tanto a forma como o acabamento final das paredes.

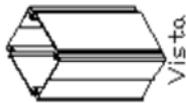
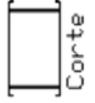
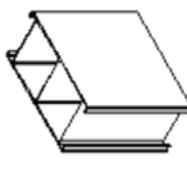
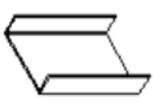
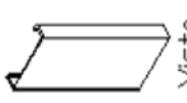
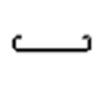
Os painéis de PVC constituem-se de componentes poliméricos rígidos extrudados e são vendidos no mercado nacional com densidade de 1,4 g/cm³, comprimento máximo de 8,5 m e em três diferentes espessuras – 64, 100 e 150 mm. Todos os componentes são cortados, sequenciados e identificados com nome e numeração antes de sair da fábrica.

Para tornar possível o atendimento de diversos leiautes, há uma lista de componentes auxiliares de montagem. Essas peças permitem a interligação entre dois, três ou quatro painéis, a ligação com contramarcos de portas e janelas, mudanças de direção e o fechamento dos perfis. Na figura 5 vê-se a diversidade de componentes auxiliares de montagem disponíveis.

A descrição detalhada dos processos executivos é abordada nos próximos subcapítulos. A seguir, apresentam-se informações acerca dos dois principais materiais constituintes do sistema construtivo Concreto/PVC.

⁹ Relatório Técnico 16/2007, realizado pelo LEME – UFRGS.

Figura 5 – Componentes auxiliares de montagem dos painéis

<p>RBS 64: Painel 64 x 45mm</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>	<p>RBS 64: Conector 64 x 120mm</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>	<p>RBS 64: Painel - Conector 64 x 250 mm (macho - fêmea)</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>	<p>RBS 64: Conector 64 x 158mm</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>	<p>RBS 64: Marco Básico 64 mm</p>  <p>Para acabamentos e juntas de montagem</p>  <p>Corte</p>
<p>RBS 64: Marco Básico 64 mm para janelas e portas</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>	<p>RBS 64: Starter ou arrancador</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>	<p>RBS 64: Joiner Conector</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>	<p>RBS 64: Joiner - Painel</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>	<p>RBS 64: Corner Out - Cantoneira</p>  <p>Vista</p>  <p>Corte</p>

(fonte: MEDEIROS, 2012)

6.1 CARACTERÍSTICAS DO PVC

O policloreto de vinil, largamente conhecido como PVC, é um polímero sintético, reciclável, com diversas aplicações nos mais diferentes campos, sendo um dos plásticos mais versáteis existentes. A versatilidade do PVC é atribuída, em grande parte, ao fato de os produtos de PVC poderem ser moldados usando-se diferentes modos de conformação e também a incorporação de aditivos à formulação da resina, o que permite alterar as características do composto para um propósito específico (RODOLFO JUNIOR et al., 2006, p. 12).

No Brasil, a demanda de PVC ainda é tímida se comparada ao volume consumido em países nos quais seu uso é mais extensivo. O consumo brasileiro representa apenas 2% da demanda mundial de resinas de PVC, sendo que 62% deste volume é consumido em aplicações diretamente ligadas à construção civil (RODOLFO JUNIOR et al., 2006, p. 12).

A constituição básica da resina de PVC é a mistura de cloro e eteno, na proporção de 57% e 43%, respectivamente. O cloro é obtido do sal marinho e o eteno é proveniente do petróleo e gás natural. Entretanto, dispõe-se hoje de tecnologia para a substituição dos derivados de petróleo e gás por compostos oriundos de fontes renováveis (RODOLFO JUNIOR et al., 2006, p. 14).

As aplicações do PVC são caracterizadas por terem um longo ciclo de vida, que em geral, excede os vinte anos até o seu descarte (RODOLFO JUNIOR et al., 2006, p. 15). Apesar dessa aparente inalterabilidade, ao longo de sua vida útil, o composto sofre ações de degradação, com conseqüente perda de suas propriedades, especialmente por exposição à altas temperaturas ou a radiações do tipo gama ou ultravioleta (UV) (KLEIN; SILVA FILHO, 2004, p. 4). A exposição a estes fatores pode causar a liberação de cloreto de hidrogênio, num processo conhecido como desidrocloração. Adições de estabilizantes metálicos ou estabilizantes orgânicos podem reduzir este efeito, que quando ocorre produz o enfraquecimento do material (RODOLFO JUNIOR et al., 2006).

Uma característica particular e positiva do PVC é o fato de o mesmo possuir baixa inflamabilidade e ser auto-extinguível ao fogo. Isto é, não propaga chama e quando a fonte de calor é retirada, o fogo se extingue. Essa propriedade é dada pela alta concentração de cloro no composto. Além disso, para que o PVC entre em ignição (comece a pegar fogo) é

necessário altas temperaturas e a combustão do material libera pouco calor, o que diminui a extensão das chamas (RODOLFO JUNIOR et al., 2006, p. 319-320).

Os compostos de PVC rígido apresentam elevada resistência química, inclusive ao ataque de ácidos fortes e agentes oxidantes, além da maioria dos óleos, gorduras e alcoóis. O uso do PVC é inadequado ante produtos a base de cetona, hidrocarbonetos aromáticos e clorados, compostos nitrosos, ésteres e alguns solventes baseados em benzina. Dentre as substâncias possivelmente encontradas em nível residencial, os produtos a base de cetona merecem maior atenção (RODOLFO JUNIOR et al., 2006, p. 294-296).

6.2 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO LEVE

O concreto compreende mais de 90%, em termos de massa e de volume, das paredes do sistema (NUFORM BUILDING TECHNOLOGIES INC., 2012). Conforme já citado, de forma a melhorar a relação de desempenho do sistema com a questão econômica, para o caso específico abordado neste trabalho, sugere-se o uso de concreto leve para execução de unidades térreas em Concreto/PVC.

O concreto leve é resultado da substituição do material usado como agregado graúdo, a pedra britada na mistura de concreto tradicional, por um material de menor densidade. Existem várias pesquisas neste sentido, a fim de identificar quais materiais seriam mais indicados para cada aplicação. No sistema construtivo em Concreto/PVC, utiliza-se preponderantemente como agregado leve, por sugestão do fornecedor do sistema, poliestireno expandido (EPS) na forma de flocos, também chamado de pérolas de EPS, obtidos através da trituração do material.

O concreto com agregado leve apresenta massa específica variando de 500 a 2.000 kg/m³, dependendo do agregado utilizado e do consumo de cimento (TEZUKA, 1989, p. 186). Por sua vez, o concreto convencional, apresenta massa entre 2.000 e 2.800 kg/m³ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). Deste modo, a densidade do concreto é sensivelmente diminuída.

Para o seu emprego, o concreto leve deve apresentar uma mistura homogênea com boa trabalhabilidade e atingir valores de resistência mecânica mínimos exigidos para sua aplicação

(SHORT; KINNIBURGH¹⁰, 1962 apud GARLET; GREVEN, 1997). Desta forma, tem-se que caso seja possível garantir a resistência mecânica necessária, a opção por um tipo ou outro de agregado leve é função particular de cada projetista.

A fim de que o concreto preencha a totalidade dos espaços no interior dos painéis é necessário que possua elevada fluidez. Para tal, usa-se concreto auto-adensável ou concretos de consistência fluida, cujos traços devem ser definidos previamente. Nos traços que fazem uso de brita, a zona granulométrica da mesma deve ser 4,75/12,5 mm. Para a aplicação em obras de casas térreas o fabricante sugere que a mistura de concreto seja feita com a quantidade de materiais apresentada no quadro 11. Segundo o mesmo, essa proporção obtida em testes da Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coopetec/UFRJ¹¹) é a que apresenta melhor equilíbrio entre o desempenho mecânico e isolamento térmico e acústico. O aditivo vinílico é necessário para criar aderência entre as superfícies das pérolas de EPS com o concreto, evitando-se assim, que essas emirjam à superfície devido à sua baixa densidade.

Quadro 11 - Quantidade de materiais para 1 m³ de concreto leve com massa específica de 900 kg/m³

Nº	Descrição	Un.	Quant.
1	Cimento	kg	300
2	Agregado miúdo	l	370
3	EPS (pérolas de isopor)	l	750
4	Água	l	110
5	Aditivo vinílico para EPS	l	15
6	Superfluidificante	l	3

(fonte: adaptado de ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES, 2012)

6.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DO SISTEMA CONCRETO/PVC

O sistema construtivo em Concreto/PVC apresenta particularidades em relação ao sistema convencional na execução das paredes. Entretanto as demais etapas construtivas, tais como

¹⁰ SHORT, A.; KINNIBURGH, W. **Lightweight Concrete**. 1. ed. Londres: Concrete Library, 1962.

¹¹ Relatório PEC 2227 – Avaliação de sistema construtivo alternativo (concreto leve com EPS)

fundações, cobertura, instalações elétricas, hidrossanitárias, de telefonia e de gás são convencionais e devem apenas seguir algumas recomendações para garantir a compatibilidade com o sistema das paredes. Ao longo deste subcapítulo, pretende-se apresentar as principais recomendações executivas de uma habitação térrea com uso do sistema Concreto/PVC.

As concepções do sistema procuram agregar características de industrialização para execução das habitações. Os principais componentes do sistema, que são os painéis de PVC, chegam à obra cortados em suas dimensões finais e identificados com referências que permitem relacionar com as informações constantes em projeto. Com isso, busca-se reduzir o número de atividades a serem desenvolvidas no canteiro, limitar o estoque de produto ao essencial, tornar a obra mais limpa e sustentável, a partir de um menor número de materiais envolvidos e menor consumo de água e energia.

6.3.1 Transporte e estocagem

Todos os painéis chegam ociosos e, em sua maioria, desmontados à obra. A estocagem dos materiais de PVC pode ser feita em qualquer ambiente, inclusive expostos às intempéries, sem qualquer tipo de abrigo ou cobrimento. Entretanto, é importante observar a posição de estocagem dos painéis para evitar deformações nos mesmos. Assim, a forma correta de apoio dos perfis é deitá-los sobre superfície lisa e plana. Pode-se empilhar até oito fileiras em filas cruzadas. Não é recomendado a utilização de calços de apoio, nem a sobreposição de peso sobre as placas, ações que podem provocar abaulamentos e outras deformações na forma do material.

Quanto à movimentação dos materiais em obra, a densidade dos painéis de 1,4 g/cm³ garante perfis leves e de fácil transporte. De forma geral, não são necessários guindastes nem quaisquer outros equipamentos especiais de movimentação de carga.

6.3.2 Fundação

A execução de edificações utilizando-se do sistema Concreto/PVC necessita, obrigatoriamente, de uma base plana de ancoragem. A resistência do solo deve ser sempre avaliada e comparada às previsões de carga para o dimensionamento das fundações. No caso

de habitações térreas, os projetos de fundações via de regra contemplam a execução de fundações rasas do tipo radier, vigas baldrame ou sapata corrida.

Em nada diferem as recomendações e precauções que devem ser tomadas para a execução correta de fundações deste sistema construtivo para os demais. Observar quanto aos locais previstos para passagem de tubulação das instalações no piso, a fim de garantir as esperas definidas em projeto. Sugere-se, pois, a elaboração de projetos complementares ao arquitetônico para auxiliar na execução corretas das instalações.

6.3.3 Ancoragens e guias de montagem

Com a fundação concluída, tendo a sua superfície superior regularizada de forma plana e lisa, iniciam-se as marcações e a fixação das barras de aço que farão a ancoragem dos painéis de PVC à fundação. Para auxiliar na montagem dos painéis, a demarcação da planta da residência é feita sobre a superfície de fundação com giz.

Como primeiro passo, escolhe-se um ponto de referência, o qual se recomenda estar locado no vértice de um dos cantos da fundação. A partir deste, demarcam-se todos os demais perímetros de parede. Como auxílio à montagem das paredes, fixam-se guias, que podem ser feitas com sarrafos de madeira ou elementos metálicos, à fundação, respeitando as marcações já feitas segundo o leiaute da edificação.

De posse das plantas com a paginação dos painéis, deve-se marcar os pontos onde serão colocadas as barras de espera para ancoragem dos painéis, conforme o descrito no projeto. Seguindo-se estas marcações, devem ser feitos furos, onde serão chumbados, com adesivo epóxi, os vergalhões. A figura 6 ilustra essa etapa, onde aparecem a guia de madeira e as furações a servirem para fixação das barras de aço.

A figura 7 mostra o aspecto da fundação com as barras de aço já afixadas à fundação ao longo do perímetro onde haverá execução de paredes. O detalhe esquemático das etapas apresentadas neste item está ilustrado na figura 8.

Figura 6 – Furações e guias de madeira para montagem das paredes



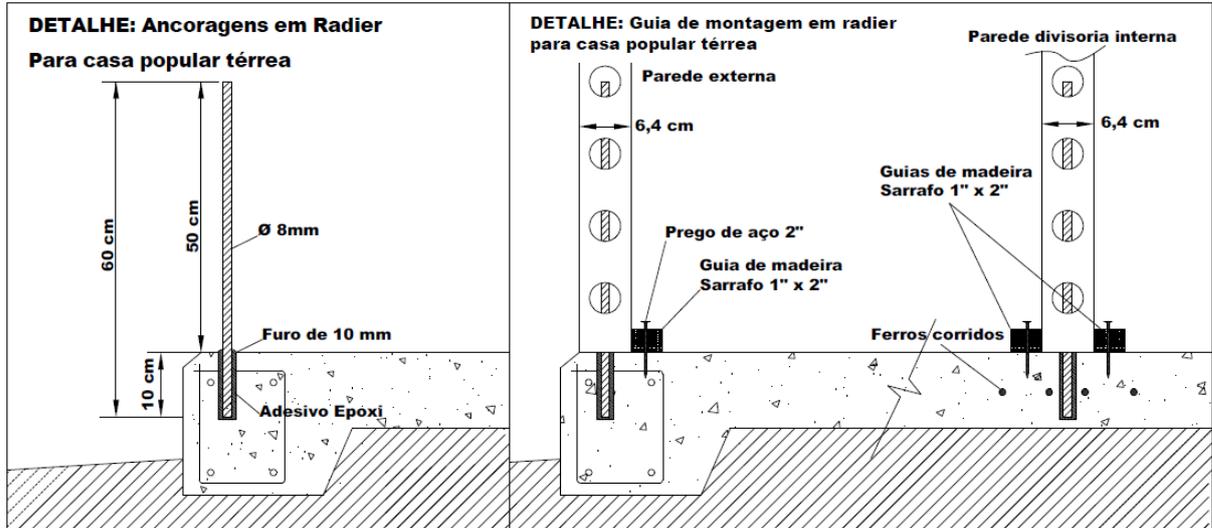
(fonte: ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES, 2012)

Figura 7 – Barras de espera para ancoragem das paredes



(fonte: foto do autor)

Figura 8 - Detalhe da fixação dos vergalhões e da utilização das guias de montagem



(fonte: ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES, 2012)

6.3.4 Montagem das paredes

Antes de se iniciar a montagem dos painéis, recomenda-se ordenar cada uma das peças segundo sua sequência de montagem. Isto facilita e acelera a execução, além de minimizar o risco de erros durante a montagem. A disposição de forma ordenada (figura 9) de cada um dos elementos é bastante simples, visto que os mesmos são individualmente identificados com

etiquetas posicionadas na parte interna da extremidade superior de cada painel, como ilustra a figura 10. Estas informações seguem as descrições encontradas na planta de montagem.

Figura 9 – Ordenamento dos painéis



(fonte: ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES, 2012)

Figura 10 – Codificação das peças



(fonte: foto do autor)

Após a classificação e distribuição dos diferentes perfis na obra, inicia-se a montagem sempre a partir de um dos cantos da casa. Desta forma, as paredes se auto-sustentam sem a necessidade de um operário para segurá-las. A primeira peça a ser colocada deve ser o perfil cantoneira, disposto verticalmente por um operário trabalhando sobre um andaime, de maneira a assentá-lo entre as guias de montagem e envolvendo a barra de ancoragem. Os perfis adjacentes são colocados um a um e conectam-se por encaixes macho-fêmea. É imprescindível que haja um supervisor de posse da planta de montagem. A planta de montagem contém a referência de cada painel com seu respectivo posicionamento. Esse profissional deve estar atento às orientações do projeto e acompanhar a execução do serviço, de modo a garantir a disposição correta das peças e sua forma de montagem.

Nas regiões de aberturas, a execução é facilitada pela entrega de peças, como vergas, contravergas e peitoris, em componentes pré-montados, vide figura 11. Não obstante, deve-se manter sempre o cuidado de certificar suas dimensões. Nas portas, o marco é conectado aos perfis com o auxílio de uma peça adaptadora e a verga é simplesmente encaixada sobre o marco nivelado. Para as janelas, após a colocação da contraverga, a fixação das vergas é análoga a das portas. Entretanto, a peça inferior do marco das janelas não deve ser posta em

posição, uma vez que a lateral dos perfis deve permanecer livre para a posterior concretagem dos painéis, sendo colocadas após esta etapa.

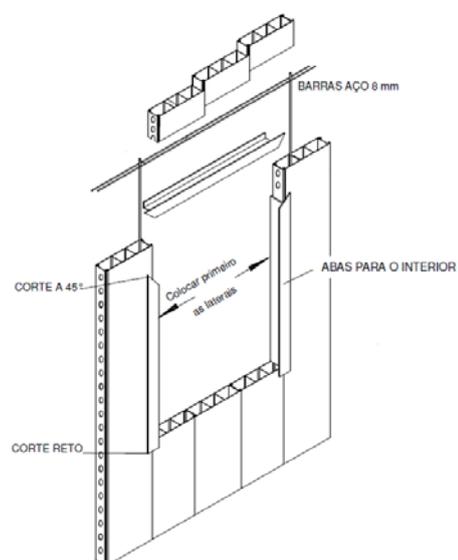
Em todas as regiões de aberturas devem ser dispostos reforços estruturais, que se traduzem por barras de aço colocadas nos lados de portas e janelas, bem como nos encontros de paredes e cantos da casa. Os perfis apresentam orifícios laterais, de maneira a permitir a colocação das barras de reforço horizontais. Exemplo desta aplicação é apresentado na figura 12.

Figura 11 – Colocação da verga pré-montada



(fonte: foto do autor)

Figura 12 – Inserção de reforços em vergas



(fonte: ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES, 2012)

6.3.5 Aprumada, escoramento e alinhamento

Ao longo da sequência de montagem das paredes, recomenda-se que não sejam montadas, isoladamente, paredes muito compridas linearmente. Além disso, é necessário que se escore as paredes em alguns pontos para garantir com segurança a manutenção da estabilidade de toda a estrutura até sua completa finalização.

Seguindo o mesmo princípio das guias instaladas no piso, o alinhamento das paredes após a conclusão da montagem é feito com cantoneiras de madeira ou de aço. Essas estruturas servem como guias de topo, as quais ao mesmo tempo promovem o alinhamento dos perfis e travam a estrutura para prepará-la para a concretagem.

A aprumada é a última etapa da montagem. Ou seja, antes da concretagem dos painéis, deve-se conferir o prumo e nível de todas as paredes e dos vãos de portas e janelas da edificação.

6.3.6 Instalações elétricas, hidrossanitárias, de telefonia e de gás

As instalações podem ser embutidas no interior dos perfis ou permanecer aparentes. A escolha por uma ou outra solução deve levar em conta a espessura dos painéis (64, 100 ou 150 mm) e a quantidade de tubulações a serem distribuídas.

Todas as instalações embutidas devem ser executadas antes da concretagem. As tubulações podem ser levadas pela parte superior ou pela base das paredes, fazendo-se a entrada nos perfis que terão pontos de distribuição. As furações podem ser feitas com uma serra copo.

O principal ponto a observar é que nenhuma das instalações pode seguir caminhos horizontais, mas somente verticais e dentro de um mesmo painel. Os demais procedimentos são convencionais.

O embutimento das tubulações, quando essas forem de PVC, dentro do elemento de concreto podem apresentar problemas no decorrer do tempo, devido aos diferentes coeficientes de dilatação térmica desses materiais. O envelopamento das tubulações, com uso de tubos com o próximo maior diâmetro, é um dos recursos que pode ser executado para se assegurar a estanqueidade do sistema.

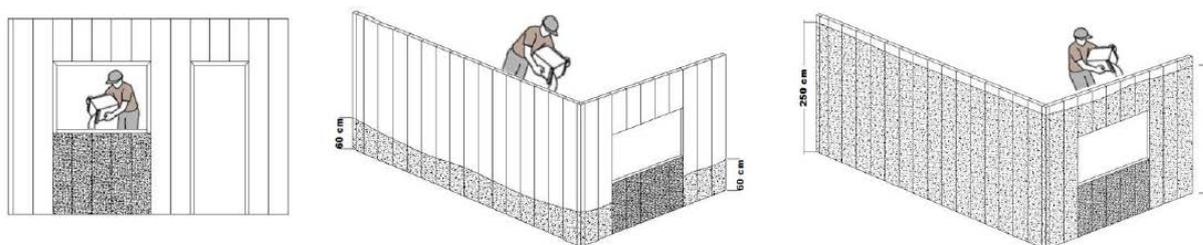
6.3.7 Concretagem

A concretagem dos painéis de PVC pode ser feita com concreto produzido em obra ou usinado. Para o lançamento do concreto dosado em central deve-se levar em consideração que o tamanho do mangote precisa ser menor que a espessura dos perfis. Para o caso de concreto feito em obra, recomenda-se para o lançamento do concreto, a utilização de funis a fim de facilitar o preenchimento das paredes. Em ambos os casos, essa etapa é a com maior número de particularidades na execução do sistema. Procedimentos inadequados no preenchimento dos perfis de PVC, como lançamento não uniforme, com alta energia de lançamento ou coluna de concretagem muito alta podem originar falhas de concretagem ou ainda deformar os painéis, causando seu estufamento.

Para se conseguir um correto preenchimento dos elementos, sem criar modificações superficiais nos mesmos, é indispensável a distribuição do concreto por etapas. A concretagem deve iniciar pelas contravergas e peitoris de janelas. Visto que todos os painéis têm suas seções laterais vazadas, o concreto flui entre as placas criando uma estrutura monolítica.

Além disso, o lançamento não pode ser realizado apenas a partir de um único ponto. Deve-se, ao contrário, distribuir o material ao longo de toda a extensão das paredes. Seguindo-se com o lançamento do concreto, não se deve vibrá-lo, mas sim usar um bastão ou ferramenta similar para forçar a dissipação de bolhas de ar e para auxiliar o espalhamento do material entre os painéis. A figura 13 mostra o sequenciamento recomendado para a etapa de preenchimento dos painéis de PVC com concreto.

Figura 13 - Preenchimento dos painéis de PVC com concreto em etapas



(fonte: adaptado de ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES, 2012)

Durante a primeira fase de lançamento, o concreto deve ser lançado de maneira uniforme em todas as paredes até que a coluna de preenchimento atinja, no máximo, 60 cm de altura. Neste ponto, volta-se a lançar o concreto pelo ponto no qual fora iniciado o trabalho de concretagem até que a segunda coluna atinja os mesmos 60 cm de altura. Nesse momento, a altura total de concretagem terá 1,20 m de altura. Deve-se proceder desta forma até o preenchimento dos painéis alcançar a altura do pé-direito menos 10 cm. Esta folga é necessária para a armação da cinta de amarração. A etapa de concretagem é finalizada com a conclusão da cinta de amarração e das ancoragens para a estrutura de cobertura.

6.3.8 Fechamentos

A cobertura, telhado e esquadrias das edificações construídas com o sistema Concreto/PVC são convencionais e comuns a qualquer sistema construtivo. Embora o fabricante dos painéis

de PVC também forneça grande parte desses componentes, eles podem ser fabricados de outros materiais sem incorrer em problemas de incompatibilidade.

7 ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DO SISTEMA

Neste capítulo apresentam-se as informações que foram utilizadas para formatar as considerações finais acerca das potencialidades do Concreto/PVC. Analisam-se aqui, requisitos de ordem técnica, econômica e social; que influenciam as chances de crescimento no uso desse sistema.

7.1 VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA

Consoante já abordado, como uma das principais barreiras à entrada de novas tecnologias construtivas está a incerteza gerada na apresentação de um novo sistema. O mercado, previsivelmente, mostra-se sempre muito reativo a utilização destes, sendo impossível sua disseminação sem que os mesmos possuam as devidas comprovações de viabilidade técnica.

Atualmente, a forma de se buscar o reconhecimento da viabilidade técnica de um sistema construtivo inovador é através do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (Sinat). Organizado dentro do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), o Sinat é um projeto cuja meta é fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias de construção civil e aumentar a competitividade do setor produtivo.

Foi criado, pois, dada a inexistência de metodologias técnicas de avaliação de desempenho para a totalidade dos sistemas Tornava-se preciso a criação um organismo capaz de preencher as lacunas normativas, estudando métodos de avaliação de novos produtos utilizados no processo de construção através de um conjunto de procedimentos reconhecido por toda a cadeia produtiva da construção civil (BRASIL, 2012).

A função do Sinat é a deliberação de procedimentos a serem aplicados na avaliação de novos produtos e sistemas construtivos, os quais ainda não sejam objeto de norma brasileira prescritiva e não tenham tradição de uso no território nacional. Desta forma, o governo busca regular e regulamentar a entrada de novas tecnologias, garantindo-se as salvaguardas necessárias. Em 2010, foi emitida a Diretriz Sinat nº 004, sendo a partir desta data a diretriz para avaliação técnica de sistemas construtivos formados por paredes constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto.

A avaliação técnica não é feita diretamente pelo Sinat, senão por um dos diversos laboratórios credenciados pelo órgão. Esses laboratórios homologados têm a autonomia para, segundo as diretrizes repassadas pelo Sistema, conceder ou não o Documento Técnico de Avaliação (Datec).

Após aprovado pela comissão do Sinat, o Datec torna-se um documento público, que atesta a conformidade do objeto sob as condições analisadas. O documento tem validade por 2 anos em todo o território nacional e pode passar por alterações e/ou renovações. Ocorrem durante esse período, auditorias semestrais para a manutenção do certificado (BRASIL, 2012).

O acompanhamento do desempenho do sistema Concreto/PVC, cujo processo é contínuo, é feita pelo laboratório de Tecnologia da Construção e Materiais Ltda (Tecomat). Não foi possível ter acesso aos relatórios dos ensaios realizados pelo Tecomat. O que é apresentado nos itens a seguir são comparações entre resultados de laudos técnicos do sistema, aferidos por outros laboratórios de renome no Brasil, e as exigências da Norma de Desempenho. Em alguns casos, a análise comparativa não pode ser feita, em parte ou no todo, devido à falta de dados completos.

7.1.1 Segurança estrutural

As paredes de PVC, por serem concretadas simultaneamente, atuam como um bloco monolítico. A resistência estrutural do conjunto é dada pela resistência característica do concreto de enchimento, dado que este é o enrijecedor do conjunto. A estabilidade global do sistemas de paredes em Concreto/PVC foi avaliada pelo IPT. Conforme o Relatório 109 170-205, a amostra, de espessura igual a 64 mm e preenchida com concreto de densidade igual a 2.400 kg/m³, apresentou resultado satisfatório. O mesmo resultado obteve no ensaio de flambagem de segmento de painel com 2,60 m de altura.

As paredes de 64 mm foram ensaiadas sob impacto de corpo mole e duro. Os resultados desses ensaios geraram o Relatório IPT – 986 376-203. No teste de impacto de corpo mole, a amostra apresentou resultado satisfatório para todas as diferentes energias de lançamento. No impacto de 720 J, para o qual o requerido é a não ruptura da parede, esta apresentou deslocamento instantâneo de 5 mm e residual de apenas 1 mm.

No ensaio de resistência ao impacto de corpo duro, a amostra apresentou comportamento satisfatório, não ocorrendo falhas com energia de impacto de 2,5 J e não ocorrendo ruptura e transpassamento com energia igual a 10 J. Após o 10º impacto da bola de aço de 500 g, de altura equivalente a energia de 20 J, houve a formação de mocha de 1,8 mm de profundidade.

Quanto às ações transmitidas por impactos nas portas, o sistema apresenta tipo de fixação específico com entre marco de porta e parede, além de reforços nas regiões de vãos de portas e parede. As especificações compõem o projeto e as aberturas são fornecidas em compatibilidade com o restante do sistema pelo fabricante. Resultados de testes específicos não foram fornecidos para esse trabalho.

7.1.2 Segurança contra incêndio

A análise da ação de altas temperaturas no painel de PVC preenchido com concreto leve com EPS foi realizado pela equipe do LEME/UFRGS, produzindo o Relatório Técnico nº 15/2007. A amostra de parede analisada tinha 150 mm de espessura e a resistência a compressão média do concreto era de 2,04 MPa.

O ensaio foi concebido a partir das recomendações da NBR 5628 – Componentes Construtivos Estruturais – Determinação da Resistência ao Fogo. O resultado foi de que transcorrido quatro horas de teste, as condições limites não foram alcançadas e o mesmo foi interrompido, sendo a resistência a altas temperaturas do painel ensaiado considerado como sendo superior a quatro horas. Esse desempenho equivale ao atingido por uma parede de 230 mm de blocos cerâmicos maciços¹².

Ainda, o Relatório atesta que a face não exposta ao calor permaneceu praticamente intacta ao término do ensaio. Quanto à face exposta, houve derretimento total do PVC na região em contato com o forno e o aparecimento de várias fissuras de pequena abertura naquela face do concreto. Entretanto a máxima temperatura medida na superfície da face interna foi de 49 °C.

O IPT realizou Relatório Técnico para determinar o índice de propagação superficial de chama. Uma amostra do perfil de PVC foi ensaiada segundo método da NBR 9442 – Materiais de Construção – Determinação do Índice de Propagação Superficial de Chama pelo Método do Paine Radiante.

¹² Lei complementar 420/98 de Porto Alegre, artigo 18.

O Relatório Técnico 863 603 considerou o material como de Classe A, ou seja, com o índice de propagação de chama mínimo entre as classes de materiais de construção. Demais pontos destacados no Relatório foram a não ocorrência de desprendimento de material durante o ensaio, bem como a não ocorrência de gotejamento de material em chama. Entretanto, destaca o desenvolvimento de fumaça cinza, característica da queima de produtos derivados de petróleo, originária da combustão incompleta destes.

Para o ensaio de densidade ótica de fumaça, não se teve acesso a laudos realizados no país. Nesse caso, apresenta-se o Relatório do trabalho realizado pelo *Instituto Nacional de Tecnología Industrial* (INTI) O.T. 101/117117. O resultado para a densidade ótica de fumaça foi igual a 366. Esse valor coloca o material na faixa definida como a de materiais que geram alta quantidade de fumaça.

Entretanto, o Relatório Técnico emitido pelo Instituto Tesis, documento DCC/AISF – 112/92, avalia que a toxicidade do PVC durante a queima pode ser considerada irrelevante em termos do risco que produz. A consideração é de que, frente as características de flamabilidade do composto, há tendência de que o seu envolvimento ocorra somente quando o incêndio já atingiu a fase de inflamação generalizada. Neste caso, o potencial tóxico já estaria desenvolvido pela concentração de gases desenvolvidos pela queima dos demais materiais também presentes no ambiente. Assim, a contribuição do PVC estaria minimizada.

Quanto ao requisito da NBR 15.575 de dificultar o início do incêndio, o sistema Concreto/PVC apresenta baixa suscetibilidade a descargas atmosféricas, pois nem o PVC nem o concreto são bons condutores de eletricidade. Oferece proteção contra risco de ignição nas instalações elétricas e vazamentos nos ramais de gás quando executados embutidos nas paredes utilizando-se de boas práticas e materiais de qualidade. Ainda, dificulta a inflamação generalizada de chama, pela característica auto-extinguível do composto de PVC. Da mesma forma, promove estanqueidade e isolamento, dificultando a propagação do incêndio, além de garantir integridade estrutural por período superior a quatro horas para estes itens.

7.1.3 Estanqueidade

Quanto à esse requisito, no qual o sistema construtivo deve ser capaz de evitar a penetração de água para a face interna da vedação, o sistema em Concreto/PVC apresenta-se eficiente. Isso

se deve a característica impermeável do PVC, ao sistema de encaixe dos painéis e a camada de concreto presente no interior dos mesmos.

A verificação de estanqueidade à água do sistema de vedação vertical externo foi feita pelo IPT. A amostra foi exposta em câmara de simulação de chuva com vento. O modelo de ensaio segue as condições de exposição da NBR 15.575-4.

Durante o tempo de exposição total de 7 horas, submeteu-se sobre os painéis uma pressão de 50 Pa e vazão de 3 l/m².min. Ao final do ensaio, o Relatório IPT – 986 374-203, atestou não houve quaisquer manchas de umidade na face oposta do painel, sendo o resultado considerado satisfatório.

7.1.4 Desempenho térmico

A avaliação de desempenho térmico para oito zonas bioclimáticas brasileiras foi realizado pelo IPT a partir do Relatório Técnico 108 132-205. As amostras de paredes de PVC de 64 mm de espessura preenchidos com concreto de densidade de 2.400 kg/m³ apresentaram valores de transmitância térmica da ordem de 1,69 W/m².K. Esse valor é inferior à máxima recomendada pela NBR 15.575-4, cujo valor admitido para a pior das oito zonas climáticas avaliadas é de 2,5 W/m².K. O comportamento do sistema foi considerado satisfatório.

O requisito de aberturas para ventilação define áreas mínimas de aberturas em função da área de piso. A avaliação depende da análise do projeto arquitetônico. O atendimento a este critério não é impedido pelo sistema construtivo e deve ser considerado no projeto. A análise desse item não é parte do escopo desse trabalho.

A análise do sombreamento das aberturas dos dormitórios em paredes externas também não faz parte do escopo desse trabalho. Esse requisito objetiva o controle da entrada de luz e calor nos dormitórios através das aberturas. O atendimento a este critério não está relacionado diretamente ao sistema construtivo.

7.1.5 Desempenho acústico

Os valores mínimos da Norma para avaliação da conformidade dos sistema sob condições de isolamento acústico são diferentes para os ensaios de campo e de laboratório e para paredes

internas e de fachada. O valor mínimo da diferença padronizada de nível ponderada da vedação acústica da fachada para o ensaio de laboratório é de 30 dB. Salienta-se que para o caso de edificações localizadas junto à vias de tráfego intenso, o valor mínimo deve ser acrescido de 5 dB.

Para as paredes internas, os valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes que devem ser obtidos no ensaio de laboratório variam. As maiores exigências são para as paredes de geminação (44 dB) e para paredes de dormitórios entre a unidade habitacional e áreas de uso comum (49 dB).

Os painéis de PVC de 64 mm de espessura preenchidos com concreto leve com EPS (resistência mecânica a compressão aos 28 dias de 10 MPa) foram avaliados pela Coopetec/UFRJ. O Relatório Coopetec – PEC 2227 apresentou valores de isolamento acústico da ordem de 42 dB. O mesmo ensaio, quando realizado com perfis de mesma característica, porém com espessura igual a 100 mm apresentou valores de 48 dB.

Tendo em vista que em certas particularidades, o perfil de 64 mm não é capaz de atender em plenitude aos requisitos da NBR 15.575, é necessário que se preveja a utilização de perfis de maior espessura em determinados pontos do projeto de forma a assegurar a conformidade do sistema quanto ao desempenho acústico. As atenções devem ser maiores em caso de unidades geminadas e, quando pertencentes a condomínios de casas, as áreas coletivas eventualmente adjacentes as paredes de unidades habitacionais.

7.1.6 Durabilidade e manutenibilidade

Conforme a NBR 15.575-1, a vida útil é uma indicação do tempo de vida ou da durabilidade de um edifício e suas partes. A vida útil de projeto (VUP) é definida no projeto do edifício e de suas partes, sendo a sua escolha cabível aos intervenientes no processo de construção, devendo ser obrigatoriamente superior ao valor mínimo. Para o sistema Concreto/PVC, exige-se a consideração, na elaboração dos referidos projetos, dos valores mínimos de:

- a) quarenta anos para estrutura;
- b) quarenta anos para a vedação vertical externa;
- c) vinte anos para a vedação vertical interna.

Os valores apresentados são parâmetro mínimos que devem ser alcançados, considerando-se a aplicação de manutenções preventivas e, sempre que necessário, de manutenções corretivas e de conservação devidamente previstas no manual de operação, uso e manutenção.

O fabricante dos painéis de PVC oferece garantia de 20 anos sobre os painéis que compõem o sistema construtivo, desde que a utilização e manutenção sejam feitos de acordo com o especificado em seu manual. Ainda segundo o fabricante, o PVC rígido, utilizado na fabricação do sistema construtivo tem ciclo de vida estimado em 100 anos (MEDEIROS, 2012).

A diretriz nº 004 do Sinat é mais específica na determinação dos parâmetros de avaliação do que a Norma de Desempenho. Essa diretriz determina que a resistência dos painéis de PVC aos raios ultravioletas deve ser tal que após 2000 horas de exposição a câmara de teste de intemperismo acelerado, com lâmpada de UVB, nenhuma das faces do corpo de prova deve apresentar bolhas, fissuras ou escamações. Define ainda, o método de ensaio e o tipo de lâmpada de UVB a ser utilizado.

O sistema construtivo Concreto/PVC foi analisado sob esses aspectos pelo *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Industria Plástica* (Cipit) do INTI e pela Coopetec/UFRJ. No Relatório Cipit/INTI – O.T. 20-8991, de 1999, a amostra foi ensaiada com 3000 horas de exposição a radiação UV, seguindo as normas ASTM G53-96¹³ e ASTM D4329¹⁴, aspectos esses em conformidade com os métodos descritos na diretriz Sinat nº 004. O ensaio seguiu ciclos de exposição a radiação ultravioleta e a vapor de água. Como resultado, obteve-se que a amostra manteve 98% de sua resistência inicial e alterou ligeiramente sua coloração, variando para o amarelo.

Segundo o Relatório da Coopetec/UFRJ – PEC 2227, de 2001, a amostra do perfil de PVC de 64 mm de espessura apresentou desempenho satisfatório quando ensaiado para se determinar a temperatura de amolecimento Vicat, conforme método da ASTM D1525-91¹⁵. A temperatura de amolecimento da amostra foi de 95,8 °C, superiores aos valores de referência (75 a 80°C). Ainda, esse Relatório apresenta os resultados frente ao ensaio de exposição a luz

¹³ ASTM G53-96: Practice for Operating Light and Water Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials.

¹⁴ ASTM D4329: Standard Practice for Fluorescent UV Exposure of Plastics

¹⁵ ASTM D1525-91: Standard Test Method for Vicat Softening Temperature of Plastics

UV, também com base na norma ASTM G53-96 e nas demais disposições normativas ASTM D4329 e ASTM D638-10¹⁶. Esse ensaio não está em completa conformidade com os métodos estipulados pelo Sinat, de forma que a amostra foi exposta a luz UVA pelo período de 120 horas. Como resultados, afere que as propriedades mecânicas dos materiais mantiveram-se praticamente inalteradas e que houve um escurecimento discreto da superfície do corpo de forma. Assim, prevê alteração da cor do perfil, sob exposição prolongada, de forma discreta e sem manchas.

7.2 DISPONIBILIDADE DE FINANCIAMENTOS

Ainda hoje é muito reduzido o número de empresas que tem ações disponibilizadas em bolsas. Assim, a maior fonte de capitalização das incorporadoras acaba sendo via contratação de capital junto às instituições financeiras. A grande maioria das instituições possui linhas de crédito à disposição do setor imobiliário.

O financiamento imobiliário é uma ferramenta vital para se fomentar as ações de investimento no mercado e permitir maiores opções de compra aos clientes. Entretanto, quando se trata da obtenção de financiamento para a execução de projetos com a utilização de sistemas construtivos inovadores não existem linhas específicas de crédito. Dado que as características de financiamento, como as taxas de juros, prazo de financiamento e porcentagem total do investimento financiado estão correlacionados com o padrão de construção, as instituições financeiras apenas dispõem de linhas de crédito pré-definidas para edificações construídas com sistemas convencionais.

Ter acesso a financiamento é imprescindível para que construções com uso de sistemas inovadores possam ser feitas em larga escala. Entretanto, sem normas ou referências técnicas nenhum sistema construtivo consegue aderir aos programas habitacionais e alcançar os financiamentos que viabilizam os negócios. Para garantir a viabilidade de crédito, as instituições se preocupam com os padrões de desempenho alcançados nas edificações. Isso se justifica no objetivo de assegurar que os bens alienados durem por tempo suficiente para amortizar os investimentos. Os imóveis são bens duráveis e têm, em geral, prazos de financiamento superiores a 15 anos

¹⁶ ASTM D638-10: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics

Porém, isto não significa que não exista disponibilidade de recursos para obras com o uso de sistemas como o Concreto/PVC. O que ocorre com a maioria dos bancos é uma análise prévia do investimento, a fim de estabelecer as diretrizes específicas para aquela contratação de capital. Sendo assim, quanto maior o conhecimento acerca do desempenho do sistema construtivo, sua respectiva comprovação de eficácia, por meio de certificações emitidas por instituições reconhecidamente competentes, menor é a incerteza que incide nos cálculos financeiros. Algumas instituições inclusive, após a referida análise, já liberam recursos financiados a juros iguais aos liberados para obras com usos de sistemas convencionais de construção, como o caso da Caixa Econômica Federal e do Banco Santander.

O Datec tem justamente essa função, a de afiançar o desempenho dos sistemas construtivos inovadores, principalmente frente as fontes garantidoras de crédito. Apesar de o representante dos sistema construtivo Concreto/PVC garantir que o sistema possui o Datec, a referência desse nunca foi fornecida para constar neste trabalho. Ainda, o Sinat, em seu *site*¹⁷ coloca à disposição a relação das diretrizes e Datec já emitidos, dentre as quais, salienta-se, não se encontra o Datec referente ao sistema Concreto/PVC.

Entretanto, em 2002, o sistema construtivo Concreto/PVC obteve da Gerência de Desenvolvimento Urbano (Gidur) da CEF, em Porto Alegre, aprovação de viabilidade tecnológica e construtiva para execução de edificações de um pavimento. Essa aprovação foi concedida a partir de laudos técnicos apresentados à gerência da CEF naquela oportunidade. O ofício nº 969/GIDURPO permite às construções com o sistema Concreto/PVC pleitear as linhas de crédito disponíveis na CEF, sendo a mais significativa delas a do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV).

O Programa MCMV do Governo Federal, operacionalizado pela Caixa Econômica Federal, foi lançado em 2009 com o objetivo de viabilizar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais. A primeira fase do programa tinha por meta a execução de um milhão de novas habitações. Atualmente, a meta é de dois milhões de novas unidades até 2014. As linhas de crédito oferecem juros abaixo da média do mercado e possibilidade de subsídio ao contratante dependendo do seu perfil (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, [2011?]).

¹⁷ Site do Sinat: http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_sinat.php

7.3 CONSIDERAÇÃO DA OPINIÃO DOS USUÁRIOS

Para se avaliar a capacidade de perenidade de um produto, faz-se necessária a análise de sua eficácia e da percepção de valor pelo usuário. Ou seja, é preciso saber, do ponto de vista do morador, em que pontos a habitação atingiu a expectativa pré-compra e em quais pontos se mostrou aquém. Uma ferramenta útil para se coletar informações diretamente do usuário final é através da Avaliação Pós-Ocupacional (APO).

7.3.1 Caracterização da pesquisa

Neste trabalho, foi desenvolvido uma APO em um conjunto habitacional na cidade de Rio Grande/RS. O residencial Carreiros (figuras 14 e 15), concluído em julho de 2011, possui 240 casas geminadas edificadas com o sistema Concreto/PVC. As casas têm área total de cerca de 40 m². O perfil utilizado foi o com espessura de 64 mm, com parede única dividindo as unidades geminadas.

Figura 14 – Vista da entrada do residencial



(fonte: foto do autor)

Figura 15 – Vista interna do residencial



(fonte: foto do autor)

Os demais sistemas são convencionais, tendo sido utilizado no sistema de cobertura, tesouras de madeira e telhas cerâmicas; no de esquadrias, aberturas de alumínio sem persianas e vidro simples; além do revestimento de piso com placas cerâmicas e forro de PVC. Em nenhuma parede foi aplicado revestimento sobre a superfície de PVC, nem interna quanto externamente.

Para que a avaliação de apenas uma parte da totalidade das moradias seja representativa é necessário que se defina um tamanho mínimo de amostra tal que, dado o nível de precisão requerido, possa ser extrapolado para o restante das unidades. Ou seja, o tamanho da amostra para a coleta de dados é função do tamanho da população, do nível de confiança estabelecido e do erro máximo que se admite obter. A expressão usada para o cálculo do tamanho da amostra foi:

$$n = \frac{\sigma^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + \sigma^2 * p * q}$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

σ = nível de confiança, expresso em números de desvios-padrão;

p = percentagem com a qual o fenômeno se verifica;

q = percentagem complementar;

N = tamanho da população;

e = erro máximo permitido.

Estabelecendo-se um nível de confiança de 90 % e admitindo-se um erro máximo de 10 %, tem-se que a amostra que representa a população nessas condições é de 36 casas. O questionário foi aplicado em 40 residências, o que, considerado o mesmo nível de confiança, gerou um erro máximo da ordem de 9,3 %.

A elaboração do questionário objetivou obter dos moradores as informações mais relevantes quanto ao seu grau de satisfação em relação às características da habitação estritamente ligadas ao sistema Concreto/PVC. O enfoque das perguntas sempre se deu relativo às paredes das residências, visto que os demais sistemas e elementos utilizados são convencionais. A figura 16 mostra a vista externa de uma unidade habitacional.

Basicamente, o questionário foi estruturado em três partes. Na primeira, buscou-se obter a caracterização inicial do morador e da sua residência imediatamente anterior. Na segunda, as perguntas eram direcionadas ao confronto das experiências do usuário na moradia imediatamente anterior com o seu imóvel atual. Na última parte, quisera-se obter a representação particular do imóvel atual do ponto de vista do usuário.

Figura 16 - Fachada típica das residências do residencial Carreiros



(fonte: foto do autor)

De forma a auxiliar a análise das informações, as respostas obtidas foram inseridas na ferramenta de *software* de questionários *SurveyMonkey*. Os diversos recursos dessa plataforma virtual permitem grande flexibilidade no tratamento e confrontamento dos dados. Os pontos mais interessantes gerados a partir da abordagem de pesquisa e dos resultados alcançados estão discorridos no item relativo à apresentação e discussão dos resultados. O modelo de questionário utilizado é apresentado no apêndice A.

7.3.2 Apresentação e discussão dos resultados

Em geral, as casas são densamente habitadas. Em todas elas, há mais de um morador e a média de habitantes por residência situou-se ligeiramente acima de quatro pessoas. Dois terços (65 %) são adultos e adolescentes acima de 12 anos e o terço restante (35 %) têm até 12 anos. O perfil etário dos entrevistados mostrou certa concentração entre adultos jovens, já que cerca de metade dos entrevistados (47 %) têm idade entre 26 e 35 anos. Entretanto, segmentada a população de 18 a 70 anos em faixas de 5 em 5 anos, todas as faixas tiveram representação. Dos entrevistados, 90 % deles vivem há um ano ou mais no imóvel.

Dos entrevistados, todos moravam anteriormente em casas, ainda que em habitações que alguns definiram como "peças", exceto um que disse a família morar anteriormente em um sobrado e outro que moravam em um "barraco". A exceção desses, o perfil foi bastante comum, sendo que 75 % deles moravam em casas de alvenaria. O percentual de pessoas que tinham casa própria era de apenas 15 % contra 45 % que moravam de aluguel.

Para demonstrarem como se sentiam em relação ao atual imóvel, as opções eram <muito insatisfeito>, <insatisfeito>, <satisfeito> e <muito satisfeito>. Todas as avaliações foram positivas, divididas entre <satisfeitos> (70 %) e <muito satisfeitos> (30 %). Essa avaliação está bastante relacionada com a comparação da habitação atual com a imediatamente anterior, pois 50 % dos entrevistados afirmaram ser a atual <boa> em relação a anterior e 50 % classificaram a atual como <excelente> comparativamente a anterior. Esse percentual é ainda mais expressivo quando relacionado apenas os entrevistados com mais de 50 anos. Nessa faixa etária, 87,5 % deles responderam <excelente>, o que representa 16,5 % do total de respostas.

Perguntados sobre as condições de conforto térmico do imóvel, comparativamente às experiências da residência imediatamente anterior, as avaliações foram majoritariamente positivas. Os percentuais de respostas positivas situaram-se em 65 % quando questionados sobre a temperatura no interior do imóvel no verão e 57,5 % no inverno. O percentual maior de insatisfação no inverno deve-se, sobretudo, a presença de umidade no ambiente interno, evidenciada principalmente pela condensação de água na superfície interna dos painéis. Ainda, pode-se julgar a variabilidade das respostas conforme a orientação solar de cada residência, embora a consideração da influência dessa variável não fora parte da pesquisa.

Dado que não é possível traçar-se as características dos imóveis anteriores, é viável apenas conjecturas. Ainda que o padrão das casas do residencial Carreiros seja popular, todos avaliaram positivamente o imóvel atual face o anterior. Disso se poderia sugerir que o perfil de ocupação dos imóveis anteriores era precário, ainda que a quase totalidade afirmasse morar em casas, em sua maioria, de alvenaria. Ou os imóveis poderiam estar inacabados, ou em situação precária de conservação, ou ainda em localização inconveniente, insalubre, imprópria ou urbanamente inassistida. Pode-se sugerir ainda que, uma vez que 85 % não tinham casa própria, o sentimento de propriedade influencie para uma maior satisfação por parte do usuário.

Do total de entrevistados, 75 % deles disseram saber de qual material fora construída sua casa. Destes, dois terços afirmaram corretamente se tratar de painéis de PVC preenchidos com concreto. O terço restante respondeu variações com apenas um dos materiais, ora PVC, ora concreto ou não soube explicitamente como se referir ao material de fabricação dos painéis. Baseado no grau de informação que se esperaria de um leigo, morador de uma habitação popular pudesse ter, o nível de acuidade demonstrado foi alto. O maior índice de acertos a essa questão foi entre o público maior de 50 anos, sendo que 83,3 % mostraram conhecimento a respeito da composição das paredes de suas residências e, o pior, entre os de 18 a 30 anos, pois apenas 50% sabiam tratar-se de casas de Concreto/PVC.

Os moradores foram também instigados a compararem seu imóvel com outros de padrão semelhante, construídos com outros sistemas que não Concreto/PVC. O percentual de 75,7 % deles declarou que o imóvel atual é <melhor> ou <muito melhor> que os construídos com outros sistemas. Dentre os maiores de 50 anos, esse percentual foi de 100 %. Para os quais a habitação em Concreto/PVC é <pior>, comparada a edificadas com outros sistemas, 44 % têm entre 18 e 30 anos, 56 % têm entre 31 e 50 anos e 89 % moravam em casas de alvenaria.

Sobre como se sentiam quanto ao material de acabamento das paredes, 90 % responderam positivamente, demonstrando estarem <satisfeitos> (75 %) e <muito satisfeitos> (15 %). E perguntados se recomendariam a compra de uma casa de Concreto/PVC para amigos e parentes, 80 % disseram <sim>. De novo, no grupo acima de 50 anos, 100 % desses afirmaram que recomendariam, sim, a compra a parentes e amigos. Todos os que afirmaram não recomendarem a compra de habitação semelhante a terceiros moravam em casas de alvenaria, apesar de a maioria desses (73,3 %) responderem que a recomendariam. A estatística de que quatro a cada cinco pessoas recomendariam a compra é um indicador bastante representativo sobre a aceitação do sistema pelos usuários.

Quando indagados sobre características particulares de sua residência e ocupação atual, apenas 7,5 % destes afirmaram já ter efetuado algum reparo nas paredes do imóvel, especialmente por problemas nas tubulações hidráulicas. Em todos os casos, segundo estes, os custos foram arcados pela construtora, não cabendo registro de grandeza de valores.

Os itens relacionados a limpeza e conservação das paredes do imóvel demonstraram ser esse um dos atributos mais bem avaliados, uma vez que 92,5 % dos entrevistados classificaram as

rotinas como <fáceis> ou <muito fáceis>. Quanto à integridade das paredes, apenas 5 % afirmaram notar alguma rachadura nas paredes do imóvel. Manifestações patológicas essas geradas no processo executivo e classificadas como fissuras passivas.

Em contraponto, a presença de umidade, gerada pela condensação de vapores de água na superfície da face interna do painéis, foi um dos principais motivos de insatisfação. Praticamente todos (97,5 %) afirmaram que notam a presença de água nas paredes internas. Foi relatado que o fenômeno é acentuado no inverno, quando, segundo os mesmos, a água escorre das paredes, provocando desconforto, mofando móveis e cortinas. A porção de 62,5 % das respostas indicou que essa característica <desagrada bastante> ao usuário. A maior ocorrência de avaliações negativas se deu entre os que têm de 31 a 50 anos, com 78,9 % de alta insatisfação. Já entre os maiores de 50 anos, apenas 28,6 % deles demonstraram o mesmo.

Uma maior ocorrência de cheiros desagradáveis, por qualquer material que porventura tenha sido utilizado na construção, não foi relatada senão em 12,5 % dos casos, sendo o fator gerador externo a residência. Perguntado sobre haver ou não dificuldades em se pendurar ou fixar quaisquer elementos nas paredes, 30 % observaram alguma dificuldade, atribuída a rigidez da parede e da necessidade de uso de furadeiras. Não foi relatado nada sobre falta de capacidade de suporte. Na figura 17, observa-se que até mesmo unidades condensadoras foram instaladas.

Figura 17 - Aparelhos afixados externamente nas paredes



(fonte: foto do autor)

Outro fator de grande insatisfação diz respeito à eficiência do isolamento acústico. Como já dito, as casas são geminadas sendo a parede divisória das unidades executada em camada única. Desse modo, 65 % dos entrevistados avaliou negativamente a habitação nesse requisito. Para 50 % da amostra, <com barulho alto na rua, no interior da casa, o barulho equivale ao da rua>. O que caracterizaria a percepção de uma significativa falta de isolamento acústico.

Em questões abertas, para as quais não foram dadas opções de resposta, os entrevistados tiveram a oportunidade de se expressarem de maneira livre. As indagações pretendiam instigar a manifestação das opiniões dos usuários quanto ao seu imóvel como um todo. Repetindo o que já haviam manifestado, os entrevistados apontaram, como as maiores reclamações, itens relacionados ao baixo nível de isolamento acústico, especialmente entre as unidades, além do desconforto gerado pela presença de umidade nas paredes e problemas de falta de estanqueidade, essa não relacionada diretamente ao sistema construtivo senão ao sistema de cobertura e esquadrias.

A pesquisa deixa evidente a percepção, pelo usuário, do baixo desempenho de alguns subsistemas. Entretanto, a falta de conforto térmico e acústico e condensação de água nas paredes tiveram peso inferior a outros pontos que, na ponderação dos usuários, levaram a uma caracterização positiva de seu grau de satisfação com o imóvel e recomendação do sistema.

Ao definir o perfil da parcela da população com o menor grau de satisfação em relação ao seu imóvel atual, tem-se que a mesma é jovem e mora há mais de 12 meses no imóvel. Ela está ciente do uso do sistema Concreto/PVC no imóvel atual e sua casa anterior era de alvenaria, sem condição de ocupação específica (própria, alugada, cedida), o que mostra que apenas as propriedades da parede por si só são levadas em consideração na sua avaliação. Seus principais pontos de insatisfação dizem respeito a uma temperatura interior menos confortável do que a experimentada na habitação anterior, especialmente no inverno, além da presença de umidade nas paredes e de isolamento acústico deficiente.

7.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO PELOS EMPREENDEDORES

O posicionamento dos investidores com relação aos sistemas construtivos inovadores é um fator que não pode ficar de fora de uma análise de suas potencialidades. Inegavelmente, esse

grupo pode representar uma barreira importante ao crescimento de determinado sistema. A reatividade é muitas vezes encontrada entre os investidores por motivos bastante simples. Logicamente, todo aquele que aplica seu capital, procura fazê-lo com o menor risco possível. Outro fator é o fato de que poucos arriscam-se a investir em áreas longe das quais possuem *knowhow*.

Indubitavelmente, a consolidação de um sistema construtivo só pode acontecer com a sua contínua e crescente utilização e aprimoramento. O empreendedor é peça chave, uma vez que partem dele as ações de maior escala e cujos impactos poderão orientar a demanda e o desenvolvimento tecnológico.

De maneira a obter a visão do empreendedor sobre as mais diferentes implicações no uso do sistema construtivo Concreto/PVC, utilizou-se de um questionário. A caracterização da pesquisa e a apresentação e discussão dos resultados aparecem nos itens a seguir.

7.4.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa foi feita com quatro profissionais que atuam em empresas, no estado do Rio Grande do Sul, que investem em construção de habitações com uso do sistema Concreto/PVC. A formatação do questionário visou obter dados a respeito da experiência dos profissionais no empreendimento de edificações com esse sistema, suas opiniões sobre o mesmo, especialmente em comparação aos demais sistemas construtivos e suas percepções quanto à utilização do Concreto/PVC dentro da sua empresa e pelo setor da construção civil em geral. O modelo de questionário utilizado é apresentado no apêndice B.

7.4.2 Apresentação e discussão dos resultados

O entrevistado 1 é o coordenador de obras da empresa que mais investe em construções com o sistema Concreto/PVC em todo o país. Esse profissional, engenheiro civil e filho do fundador e proprietário da empresa, já trabalha há sete anos com esse sistema. Durante esse tempo, foram edificadas, segundo ele, aproximadamente 600 unidades residenciais, totalizando cerca de 50.000 m² construídos.

Segundo o entrevistado 1, os principais pontos de diferenciação do sistema com relação aos demais sistemas construtivos, estão na simplicidade de planejamento e organização do

canteiro e na agilidade e rapidez do processo executivo. Nesses pontos, segundo o próprio, o uso do sistema Concreto/PVC se mostra mais vantajoso.

O entrevistado 1 também considerou que o sistema requer uma mão de obra menos especializada e conseqüente custo de mão de obra menor que os requeridos para os demais sistemas construtivos. Esse ainda pondera que haveria menor dependência de fornecedores e maior nível de aceitação do produto e de satisfação pelos usuários.

Ainda conforme o entrevistado 1, as características dos sistemas Concreto/PVC não têm influência positiva nem negativa em questões relacionadas a flexibilidade de projetos e na relação de rentabilidade e risco, quando comparadas as de outros sistemas. Em se tratando de compra e estocagem de materiais, afirma ele, o sistema Concreto/PVC traz maior complexidade.

Como razões para continuar investindo na construção de novas unidades residenciais em Concreto/PVC, o entrevistado 1 cita a agilidade na construção das habitações e a redução, significativa, segundo ele, dos custos de pós-obra e manutenção. Na sua opinião, o sistema Concreto/PVC experimentará um crescimento na sua utilização por ser um produto que atenderia a Norma de Desempenho e que traria ao proprietário um padrão de durabilidade maior.

O entrevistado 1 conclui afirmando que o perfil de construção residencial com Concreto/PVC, predominantemente de baixo padrão atualmente, poderá evoluir para unidades de médio e alto padrão. Isso se justificaria, segundo ele, pela dificuldade de, com o sistema convencional, se entregar essas unidades no prazo esperado pelo consumidor. Dificuldade gerada pela necessidade de muita mão de obra, recurso bastante escasso e disputado. Portanto, ainda segundo o entrevistado 1, sistemas que possam entregar unidades em um menor prazo para o consumidor e com mão de obra reduzida terão muita vantagem em relação aos sistemas convencionais.

O crescimento do Concreto/PVC dentro do segmento de médio e alto padrão ainda teria acontecido, porque, segundo o entrevistado 1, os perfis de PVC de maiores espessuras (100 e 150 mm), usados nessas residências, ainda são economicamente restritivos. Ele afirma que haverá a instalação de uma fábrica para produção dos perfis no estado do Rio Grande do Sul.

Segundo suas informações, com essa fábrica, que tem previsão de instalação para o final de 2013, o custo do sistema de paredes mais espessas será reduzido.

Os entrevistados 2 e 3 possuem perfil semelhante. Ambos, engenheiros civis, trabalham com o sistema a cerca de um ano. O primeiro já construiu 6 unidades e o segundo 13, todas de padrão popular. O entrevistado 2 conheceu o sistema pela *internet* e o entrevistado 3 o conheceu através de informações de outros colegas profissionais da construção civil.

Para o entrevistado 2, as grandes vantagens do sistema residem na agilidade do processo executivo, no custo e especialização da mão de obra. As mesmas características foram citadas positivamente pelo entrevistado 3. Os dois concordam ainda quanto à indiferença na complexidade de compra e estocagem de materiais, à maior dependência de fornecedores e à igual sensação de satisfação do usuário final independente do sistema construtivo.

Para o entrevistado 2, ainda, a rejeição à compra da casa em Concreto/PVC pelos consumidores é maior e a flexibilidade de projetos, menor. Este acredita ainda que a complexidade de planejamento e organização do canteiro seja maior. O entrevistado 3 tem opinião contrária sobre a última afirmação e considera tanto a aceitação pelos consumidores quanto a flexibilidade de projetos indiferente ao sistema, seja Concreto/PVC ou convencional.

Ambos, entrevistados 2 e 3, acreditam no crescimento no uso do sistema, pois afirmam que a demanda por unidades residenciais continuará grande e a aceitação desse sistema, que ainda é recente, tende a ser cada vez maior. Além desses motivos, a rapidez de construção e o custo com a mão de obra estimularam os entrevistados a afirmarem que pretendem continuar a investir na construção de novas unidades residenciais em Concreto/PVC.

O entrevistado 3 acredita que o sistema Concreto/PVC possa ser mais frequentemente empregado para edificação de unidades de médio e alto padrão na medida em que os preços forem significativamente favoráveis. Já o entrevistado 2, não acredita nesse cenário em um futuro próximo, pois segundo ele, os consumidores de unidades dessa faixa são ainda muito conservadores e buscam um padrão de acabamento que traga maior requinte.

O entrevistado 4 é mestre de obras, funcionário de uma empresa que trabalha, além do sistema Concreto/PVC, com sistemas construtivos convencionais. Ele trabalha com o sistema de paredes de PVC há apenas seis meses, tendo construído até hoje uma dezena de residências.

Para ele, as grandes vantagens do sistema Concreto/PVC, comparado aos demais sistemas, são a sua praticidade de montagem, rapidez de execução e o menor número de etapas de construção, principalmente quanto à fase de acabamento. Em contraponto, em sua opinião, os custos com a mão de obra seriam maiores proporcionalmente, que se deveria, segundo ele, a uma maior especialização da mão de obra.

O entrevistado 4 trabalha hoje na construção de duas residências em Concreto/PVC com área construída total aproximada de 600 m². Embora não tenha, até o momento, futuras obras contratadas, ele acredita em crescimento no uso do sistema para construção de edificações residenciais. Como exemplo, cita o fato de que onde trabalha, as casas despertam muito interesse dos moradores vizinhos. Esses, quando visitam o canteiro, segundo o entrevistado 4, ficam surpreendidos especialmente pela rapidez de execução.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, apenas uma empresa detém a patente do sistema Concreto/PVC no Brasil. Essa mesma empresa importa os painéis da Argentina. Em setembro deste ano, houve a paralisação total da produção nessa planta, localizada na cidade de *La Plata*. O embargo, decorrente de negociações sindicais, durou cerca de um mês e ocasionou atraso generalizado na entrega dos produtos ao mercado brasileiro.

O fato de haver apenas um fornecedor e de estar o seu produto suscetível a fatores externos, especialmente com vistas ao panorama de instabilidade econômica vivenciado no país vizinho, trazem insegurança ao planejamento de investimentos de longo prazo com uso do sistema Concreto/PVC. Embora exista desde o início desse ano uma fábrica de perfis no Brasil, localizada no estado do Espírito Santo, essa produz apenas o sistema de 64 mm de espessura, ainda assim incapaz de atender a toda a demanda. A informação de instalação de uma fábrica no estado do Rio Grande do Sul, dada por um dos empreendedores entrevistados, se confirmada, poderá alterar essa perspectiva. Um futuro cenário com escala estável de produção, que supra a demanda e com potencial diminuição dos custos finais do sistema pode aumentar as chances de crescimento no uso do mesmo.

Incapacidades técnicas não parecem, imediatamente, inviabilizar a construção de habitações térreas com o sistema Concreto/PVC. Dos resultados de ensaios apresentados, nem todos consideraram a pior situação de cada caso, em termos de espessura do perfil ou característica do concreto de enchimento. Dado que o desempenho depende diretamente dessas variáveis, tornou-se impossível que se emitisse qualquer opinião conclusiva a este respeito. Entretanto, analisadas somente as informações apresentadas, as paredes estruturais de painéis de PVC preenchidas com concreto são estanques e possuem satisfatório comportamento estrutural e elevada segurança contra incêndio. Porém, alguns requisitos que sofrem influência do conjunto de sistemas da habitação merecem uma avaliação mais criteriosa por poderem se mostrar deficientes, tais como o desempenho térmico e acústico.

O PVC não é propriamente um material nobre de revestimento, embora possua propriedades que lhe conferem bom desempenho para tal aplicação, por ser um material de boa

durabilidade. De forma geral, o PVC não é utilizado como acabamento em obras de padrão mais elevado, apesar de seu uso ter se popularizado com as esquadrias de PVC.

Os resultados da APO, com moradores de casas de padrão popular, demonstrou que o nível de rejeição ao PVC como revestimento foi baixo. Essa preterição tende a crescer quanto maior o poder de compra do consumidor. A sua aparência plástica, por vezes, leva as pessoas a considerarem o PVC como um material frágil ou esteticamente inferior. Assim, muitos consumidores o preterem, optando por materiais mais convencionais.

O fato de haver mão de obra treinada para construir com o sistema Concreto/PVC não caracteriza, na opinião deste autor, um ponto desfavorável do sistema. As atividades inerentes ao sistema são consideradas, por este autor, como mais simples que as do sistema convencional. Essa opinião também é compartilhada pelos empreendedores entrevistados. Porém, cabe a mão de obra maior cuidado quanto ao estoque, manuseio, aprumada e concretagem dos elementos para se garantir o padrão de acabamento concebido na fabricação.

Na fase de projeto o sistema pode apresentar alguma incompatibilidade com formas arquitetônicas mais complexas. Projeções de ambientes com pé-direito duplo, por exemplo, são possíveis, mas paredes projetadas em linhas curvas não encontram perfis disponíveis para sua execução.

Quando as paredes são construídas com o sistema de espessura 64 ou 100 mm, verifica-se um ganho de área útil interna, comparado ao sistema convencional. Esse trabalha, em geral, com paredes de espessura entre 15 a 20 cm.

A concepção do projeto deve ser bastante discutida, visto que todas as peças são fabricadas ou cortadas sob medida. Assim, eventuais modificações arquitetônicas podem implicar em perda dos elementos já fabricados, pela impossibilidade de remanejo desses. Essas características tendem a ser mais desfavoráveis para o cliente que busca construir a sua própria casa do que para o empreendedor que constrói, sistematicamente, unidades com o mesmo padrão arquitetônico.

A organização do canteiro tende a ser mais simples. O número de materiais a ser estocado tende a ser menor. Há menos areia, madeira e fôrmas de compensado, por exemplo.

Entretanto, deve-se ter bastante cuidado com os perfis. A perda ou inutilização desses pode gerar atrasos, face o caráter único dos mesmos.

Como o sistema Concreto/PVC é fabricado sob medida, vislumbra-se um índice menor de entulho com relação ao sistema convencional. Atividades de corte não são feitas no canteiro, por exemplo. Ainda, não são necessárias aberturas de canaletas para embutimento de tubulações e o encaixe dos painéis diminui as chances de fuga de concreto pelas fôrmas durante a concretagem.

Na etapa de fundações, apesar de não existirem restrições a qualquer solução, estas devem ser executadas com especial atenção quanto ao nivelamento. Aqui não existe, como no sistema convencional, a possibilidade de eventual correção de qualquer irregularidade na etapa de encunhamento. Os perfis de PVC, quando não receberem qualquer revestimento, precisam ter uniformidade entre si nas cotas inferiores e superiores, para manter a harmonia estética do conjunto.

A etapa com diferenças mais representativas entre os processos convencional e em Concreto/PVC é a de montagem das paredes. A simplicidade do processo de montagem é uma característica do sistema, salientada positivamente pelos empreendedores. A montagem de casas térreas exige o uso de poucas ferramentas, a citar, andaime, nível e prumo. Além disso, o sistema é bastante superior sob a questão de velocidade de execução das paredes. Essa característica foi ressaltada também pelos empreendedores. Vislumbra-se a utilização do sistema para a construção de unidades emergenciais ou em casos de necessidade de reassentamento de famílias, de modo a acelerar a transferência das mesmas.

O sistema Concreto/PVC demanda uma atenção muito maior sobre a etapa de concretagem das paredes. Essa etapa, que não existe no processo convencional, é um procedimento que gera bastante sujeira e é executada em contato com material final de acabamento. Ou seja, existe a possibilidade de dano à estética dos perfis durante essa etapa, como riscos, rasgos e manchas. A etapa de concretagem precisa ser feita, ainda, de forma escalonada, exigência que, quando não observada, pode levar a vícios construtivos como estufamento dos painéis. A conferência de prumos e níveis é essencial, pois caso não haja revestimento sobre o PVC, as possibilidades de se esconder os erros não existem.

O sistema apresenta maior rentabilidade quando não revestido. Essa possibilidade é particularidade do sistema Concreto/PVC e uma de suas características mais significativas. A utilização dos painéis de PVC como formas incorporadas elimina algumas das etapas mais onerosas da construção convencional. A etapa de acabamento do sistema convencional, além de consumir mais material, consome mais homens/hora em sua execução, comparado ao sistema Concreto/PVC. Em empreendimentos populares, nos quais o custo é uma das variáveis mais importantes, a mão de obra, por conseguinte, tende a ser de pior qualidade. Essa consideração se reflete no padrão de acabamento das moradias. Com o uso dos painéis pré-fabricados, o acabamento tende a se tornar mais padronizado.

Entretanto, o fato de as paredes internas serem revestidas pelo PVC acentua a formação de um fenômeno que desagrade muito aos usuários: a condensação de vapores de água na superfície da face interna dos painéis. A ocorrência desse fenômeno, constatada especialmente durante o inverno, foi muito citada na APO. Em alguns casos, essa característica foi responsável sozinha pela rejeição e não recomendação do sistema como um todo pelo usuário. Ou seja, esse fato é um dos que mais compromete a aceitação do sistema pelos consumidores.

Outro ponto destacado na pesquisa foi a parcela alta de insatisfação com relação à eficiência do isolamento acústico. De fato, os valores apresentados pelos Relatórios Técnicos para o sistema de paredes de espessura de 64 mm são inferiores aos recomendados pela Norma de Desempenho para algumas divisórias, como as paredes de geminação. Quanto à esse requisito, é preciso que se avalie ainda a interação entre os diversos sistemas da habitação. A qualidade do material e da instalação de caixilhos e vidros de janelas, por exemplo, pode diminuir ainda mais a sensação de conforto acústico dos ambientes.

O êxito na instalação das esquadrias depende diretamente da qualidade de execução das paredes. A dificuldade em se corrigir problemas de esquadro após a concretagem é um ponto desfavorável comparado ao sistema convencional. O corte de arestas dos painéis é uma solução incabível do ponto de vista estético. O fabricante dos painéis também fornece esquadrias de PVC com mesmo padrão de acabamento e espessura das paredes. Quando opta-se por esquadrias de outros materiais, como de madeira, pode se fazer necessário adaptar as dimensões comerciais padrões. Nesses casos, as espessuras padrões são maiores que as dos perfis de 64 e 100 mm.

A durabilidade do sistema tende a ser apontado como uma de suas vantagens. Como o sistema ainda é recente no país, não se tem dados de campo a seu respeito nesse quesito. Com base apenas nos Relatórios Técnicos, pode-se afirmar que o sistema cumpre as prerrogativas da Norma de Desempenho quanto aos requisitos de durabilidade. Com base nas informações apresentadas neste trabalho, espera-se, comparativamente ao sistema convencional, uma frequência menor de trabalhos de manutenção, especialmente considerando-se repinturas ou troca de revestimento de fachada.

Quando existe a necessidade de intervenções em tubulações embutidas, o procedimento é parecido com o requerido pelo sistema convencional. A dificuldade de prolongamento de pontos elétricos e hidráulicos, por exemplo, também é semelhante. A diferença principal é de que no sistema Concreto/PVC as tubulações são dispostas apenas na direção vertical. Essa configuração, de certa forma, diminui as chances de dano acidental às tubulações por desconhecimento da posição das mesmas.

Habitações em Concreto/PVC exigem certo cuidado com a limpeza dos painéis de PVC. Alguns produtos podem reagir quimicamente com o polímero e alterar a sua cor. Para pequenos reparos, há produtos especiais, como massas para o preenchimento de cortes. Quanto às atividades rotineiras de limpeza e conservação das paredes, o resultado da APO evidenciou a facilidade na execução dessas como um dos atributos mais bem avaliados.

Através das informações do capítulo sete, verificou-se que o sistema possui bastante aceitação dentro do grupo pesquisado. Cabe salientar que externalidades acabam por influenciar o juízo de valor de cada entrevistado. O fato de terem adquirido, pela primeira vez, imóvel próprio, pagarem um valor abaixo de mercado pelo financiamento do imóvel, entre outras questões podem inibir reclamações. Ainda, a amostra pesquisada se encontra residindo há pouco tempo nos imóveis, de maneira que a sua opinião possa se alterar no decorrer do tempo, podendo ser influenciada especialmente pela ocorrência dos processos de envelhecimento da habitação.

Por se tratar de um sistema construtivo recente no país, a introdução desse na rotina de projetos do mercado brasileiro passa por um período de maturação. Ainda é necessário que se consolidem parcerias e ampliem-se as possibilidades de utilização do sistema, além de melhorar-se o desempenho desse, especialmente quanto ao isolamento térmico e acústico e corrigir-se questões que tanto incomodam os usuários como a condensação de água nas paredes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 15.575-1**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008a.

_____. **NBR 15.575-4**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 4: sistema de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008b.

BARROS, M. M. B. de. Implantação de Novas Tecnologias em Canteiros de Obras: um desafio a ser vencido. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, São Paulo, 1998. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1998. p. 111-118.

BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Programa Brasileiro da Qualidade e da Produtividade do Habitat**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_sinat.php>. Acesso em: 13 out. 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Programa Minha Casa Minha Vida – Recursos FAR**. Brasília, DF, [2011?]. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programas_habitacao/pmcmv/saiba_mais.asp>. Acesso em: 20 ago. 2012.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Índice Nacional de Custos da Construção**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B7684C11DF>>. Acesso em: 4 jun. 2012.

GARLET, G.; GREVEN, H. A. Concreto leve usando resíduos de EVA da indústria calçadista. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., Canela, 1997. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 1997. p. 93-98.

GONÇALVES, O. M.; JOHN, V. M.; PICCHI, F. A.; SATO, N. M. N. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. In: ROMAN, H.; BONIN, L.C. (Ed.). **Normalização e Certificação na Construção Habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Coleção Habitare, v. 3.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índices de Preços ao Consumidor – IPCA e INPC**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc/ipca-inpc_201205_1.shtm>. Acesso em: 4 jun. 2012.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M. de; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil**. 1. ed. Porto Alegre: Sebrae/RS, 2000.

KLEIN, D. L.; SILVA FILHO, L. C. P. da. Análise Experimental de Painéis Mistos de PVC com Recheio de Concreto Utilizados em Unidades Habitacionais. In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL, 31., Mendoza, 2004. **Anais...**, Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2004. Não paginado.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford University / CIFE, 1992. Technical Report, n.72.

MACHADO, R. L. **A Sistematização de Antecipações Gerenciais no Planejamento da Produção de Sistemas da Construção Civil**. 2003. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MEDEIROS, L. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <viniciusls@ipiranga.com.br> em 24 ago. 2012.

MITIDIARI FILHO, C. V.; HELENE, P. R. L. **Avaliação de Desempenho de Componentes e Elementos Construtivos Inovadores Destinados a Habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural**. São Paulo: EPUSP, 1998. Boletim Técnico PCC n. 208.

NUFORM BUILDING TECHNOLOGIES INC. **Engineering Guide**. Disponível em: <<http://www.nuformdirect.com/guides.aspx>>. Acesso em: 8 jul. 2012.

ROCHA, F. E. M. da; HEINECK, L. F. M.; RODRIGUES, I. T. P.; PEREIRA, P. E. **Logística e Lógica na Construção Lean: um processo de gestão na construção de edifícios**. Fortaleza: Fibra Construções, 2004.

RODOLFO JUNIOR, A.; NUNES, L. R.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: ProEditores / Braskem, 2006.

ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES. **Manual de montagem**. Disponível em: <http://www.royalbrasil.com.br/downloads_building.htm>. Acesso em: 18 ago. 2012.

SABBATINI, F. H.; AGOPYAN, V. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**. São Paulo: EPUSP, 1991. Boletim Técnico PCC n. 32.

SEBESTYÉN, G. **Construction: craft to industry**. London: E & FN Spon, 1998.

TEZUKA, Y. **Concretos especiais**. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., Florianópolis, 1989. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1989. p. 182-194.

**APÊNDICE A – Questionário para avaliação do
grau de satisfação do cliente**

 Caracterização inicial

1. Quantos anos você tem?
2. Desde quando você reside no imóvel?
3. Quantas pessoas residem no imóvel?
 Adultos Crianças (até 12 anos)
4. Qual era o tipo da sua residência imediatamente anterior?
 Casa Apartamento Outro. Qual? _____
5. De que material eram construídas as paredes da sua moradia imediatamente anterior?
 Madeira Alvenaria Outro. Qual? _____
 Alvenaria e madeira Não sabe
6. Qual a condição de ocupação da residência imediatamente anterior?
 Própria Cedida Com parentes
 Alugada Outro. Qual? _____

 Caracterização geral e comparação com moradia anterior

7. Como você se sente em relação ao seu imóvel?
 Muito insatisfeito Satisfeito Muito satisfeito
 Insatisfeito
8. Comparada com a moradia anterior, a que você está vivendo agora é:
 Excelente Boa Pior
 Ruim Péssima
9. Em comparação à sua moradia anterior, como você avalia a temperatura interior deste imóvel no verão?
 Muito melhor Melhor Mesma coisa
 Pior Muito pior
10. Em comparação a sua moradia anterior, como você avalia a temperatura interior no inverno?
 Muito melhor Melhor Mesma coisa
 Pior Muito pior
11. Você sabe qual é o material utilizado nas paredes da sua atual residência?
 Sim Não
12. Se pessoa responder SIM: perguntar qual o material? questão aberta
13. Comparando com imóveis de padrão semelhante, construídos com outros materiais, como você considera seu imóvel?
 Muito pior Pior Melhor
 Muito melhor
14. Você recomendaria a compra de uma casa construída com esses materiais para parentes e amigos?
 Sim Não

 Caracterização particular do imóvel atual

15. O prazo de entrega do imóvel foi cumprido?
 Sim Não Não sabe
16. Você já teve que efetuar algum reparo nas paredes de seu imóvel?
 Sim Não Não sabe
17. Caso sim, por qual motivo?

 Não sabe

18. Para efetuar o reparo, você teve que contratar alguém ou foi feito pelos proprietários?
() Pelos proprietários () Não sabe
() Foi contrato alguém para realizar o reparo
19. Caso tenha contratado alguém, como você classificaria os custos com esses trabalhos?
() Muito caro () Caro () Normal
() Barato () Muito barato
20. Como você avalia as tarefas de limpeza e conservação das paredes do seu imóvel?
() Muito fáceis () Fáceis () Normal
() Difíceis () Muito Difíceis
21. Como você avalia a presença de umidade nas paredes de seu imóvel?
() Percebo e me desagrada bastante
() Percebo, mas não me desagrada
() Não percebo umidade nas paredes
() Não sei avaliar
22. Você percebe, neste imóvel, maior ocorrência de cheiros desagradáveis em relação à sua residência anterior?
() Sim () Não () Não sei avaliar
23. Existe dificuldade de fixar ou pendurar algo nas paredes de seu imóvel?
() Sim () Não () Não sei
24. Quando há barulho alto na rua, como você classificaria o interior da residência?
() Praticamente não existe barulho alto na rua
() Com barulho alto na rua, no interior da casa ele é baixo
() Com barulho alto na rua, no interior da casa ele é alto
() Com barulho alto na rua, no interior da casa ele é igual como se estive na rua
() Não sei avaliar
25. Foi aplicado algum revestimento sobre a parede?
() não foi aplicado nenhum revestimento
() sim, no dormitório: _____
() sim, no banheiro: _____
() sim, na cozinha: _____
() sim, sala: _____
() sim, qual _____ : _____
26. Como você se sente em relação ao material de acabamento do seu imóvel?
() Muito insatisfeito () Insatisfeito () Satisfeito
() Muito satisfeito
27. Você consegue identificar pequenas ou grandes rachaduras nas paredes de sua residência?
() Sim, muitas () Sim, algumas () Não, nenhuma
() Não sei dizer
28. Existe algum outro tipo de problema nas paredes de sua residência que queira registrar?
29. Quais as suas reclamações em relação ao imóvel?
30. Qual(is) a(s) característica(s) do imóvel que mais lhe agrada(m)?
31. Qual(is) a(s) característica(s) do imóvel que mais lhe desagrada(m)?

APÊNDICE B – Questionário aos empreendedores

- 1) Profissão:
- 2) Cargo na Empresa:
- 3) Há quanto tempo você trabalha com o sistema concreto/PVC?
- 4) Qual o total de edificações (unidades ou m²) que você já construiu?
- 5) Como você conheceu o sistema concreto/PVC?
- 6) Comparando com outros sistemas construtivos, marque como você considera o Concreto/PVC com relação a:

1 - Muito maior 2 - Maior 3 - Indiferente 4 - Menor 5 - Muito menor

	1	2	3	4	5
Flexibilidade de projetos					
Complexidade de planejamento e organização do canteiro					
Complexidade de compra e estocagem de materiais					
Agilidade e rapidez do processo executivo					
Especialização da mão de obra					
Custo da mão de obra					
Razão rentabilidade x risco					
Dependência de fornecedores					
Aceitação pelo consumidor					
Satisfação do usuário					

- 7) Pretende continuar construindo novas unidades futuramente com uso desse sistema, por que?

() sim, porque _____
 () não, porque _____

- 8) Você acredita em um crescimento no uso do sistema Concreto/PVC para construção de edificações residenciais, por que?

() sim, porque _____
 () não, porque _____

- 9) Você acredita que o uso do sistema possa ser ampliado para construções residenciais de médio e alto padrão, por que?

() sim, porque _____
 () não, porque _____