



SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO HABITACIONAL: ANÁLISE DO CANTEIRO EXPERIMENTAL HELIÓPOLIS

Fernanda B. Silva (1); Camila S. Kato (2); Fernando H. Sabbatini (3); Mércia M. S. B. de Barros (4)

- (1) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: fernanda.belizario@gmail.com
- (2) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: camila.kato@gmail.com
- (3) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: fernando.sabbatini@poli.usp.br
- (4) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: merciasbarros@poli.usp.br

RESUMO

Recentemente, o setor de habitações populares tem atraído o interesse de empresas construtoras e incorporadoras. Para atuar neste segmento com sucesso, é necessário produzir muitas unidades em um curto espaço de tempo, a um custo baixo e controlado. É consenso que os sistemas construtivos tradicionais não atendem a estes requisitos e, portanto, muitas empresas têm buscado “sistemas construtivos industrializados”. Cenários semelhantes ocorreram no passado, tais como os canteiros experimentais destinados a testar sistemas construtivos para habitações populares. Considera-se importante resgatar essas experiências, transformando-as em aprendizado e, nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar alguns sistemas construtivos empregados no canteiro experimental de Heliópolis. A metodologia adotada consistiu em uma revisão bibliográfica para caracterização do canteiro experimental, seguida de visitas técnicas durante as quais foram analisadas as condições em que se encontram as edificações, por meio de observações e entrevistas com os ocupantes. Os resultados destas análises mostram que a maioria das edificações apresentou desempenho insatisfatório. Os problemas observados indicam falhas no processo de desenvolvimento para adoção de novas tecnologias, o qual possivelmente foi conduzido sem visão sistêmica. Evidencia-se, assim, a necessidade de que as empresas conduzam processos de desenvolvimento tecnológico consistentes, para que produzam sistemas construtivos efetivamente industrializados.

Palavras-chave: industrialização, sistemas construtivos, habitação popular, canteiro experimental, desempenho.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor que apresenta maior destaque na construção civil é o de habitações voltadas ao mercado de baixa renda. A combinação de uma grande demanda reprimida (o déficit habitacional em 2008 era de 5,6 milhões de moradias¹ (GARCIA; CASTELO, 2009)) com um expressivo aporte de investimentos neste nicho do mercado imobiliário (sobretudo devido ao programa do governo federal “Minha Casa, Minha Vida”) fornece perspectivas promissoras para os próximos anos. Por isso, as principais incorporadoras e construtoras do mercado nacional estão se estruturando para atuar neste segmento (EMPRESAS..., 2010).

Entretanto, para que se tenha sucesso na construção para baixa renda, a empresa precisa ter capacidade de construir grandes volumes, uma vez que a margem de lucro é menor do que no segmento de média e alta renda e são necessárias mais unidades para que o investimento dê o retorno desejado. Além disso, a empresa deve ser capaz de construir estas unidades em tempo reduzido, pois é necessário capital de giro para investir em novos empreendimentos, gerando mais volume. Também é importante que a empresa tenha um processo de produção controlado, para que a sua margem de lucro não seja consumida por imprevistos de obra. Por fim, é fundamental que o custo de produção seja baixo (FARIA, 2008; MENDES, 2008).

É consenso que as tecnologias construtivas tradicionais não atendem a estes requisitos, pois não têm a produtividade necessária e são altamente dependentes de mão-de-obra especializada, cada vez mais escassa devido ao aquecimento do mercado. Sendo assim, muitas construtoras estão buscando “sistemas construtivos industrializados”, como solução para sua atuação no mercado de baixa renda.

Esta busca por “sistemas construtivos industrializados” já ocorreu em outros momentos da história do país. Um período marcante do processo de industrialização da construção foi a década de 1970, quando o Banco Nacional da Habitação (BNH) disponibilizou grande quantidade de recursos financeiros para a construção de conjuntos habitacionais para a população de baixa renda; naquela ocasião, muitas construtoras que buscavam atuar nesse segmento de mercado optaram por tecnologias inovadoras para incrementar a produtividade e reduzir os custos de produção (BARROS, 1996).

Daquela época também datam os primeiros canteiros experimentais promovidos por iniciativa pública. Nesses espaços, empresas privadas tinham a oportunidade de testar novas tecnologias construtivas visando ao atendimento da produção de habitações em larga escala e de baixo custo. Normalmente, o Estado colocava como objetivo final a escolha da melhor tecnologia para integrar programas habitacionais futuros (BARROS, 1996; CARRASCO, 2000).

Desses experimentos, é possível extrair uma série de aprendizados relativos à implantação de tecnologias inovadoras na produção habitacional e, devido à similaridade entre as condições existentes naquela época e as atuais, considera-se importante resgatar informações, para que sirvam como dados de entrada para análise dos processos atuais de desenvolvimento tecnológico, sendo esta a proposta do presente trabalho.

2 OBJETIVO

Analizar as condições atuais de edificações construídas há 22 anos com tecnologias consideradas inovadoras no canteiro experimental de Heliópolis e, a partir desta avaliação, extraer lições e recomendações para futuros processos de desenvolvimento tecnológico de sistemas construtivos.

3 METODOLOGIA

Primeiramente, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o canteiro experimental de Heliópolis, para identificação das circunstâncias gerais de sua criação, dos objetivos do canteiro experimental, do modelo adotado para sua execução e das condições impostas às empresas participantes.

Na seqüência, foram programadas visitas técnicas ao local para avaliação das condições das edificações em uso, como forma de verificação do sucesso dos sistemas construtivos – uma vez que, além do baixo custo, o desempenho satisfatório deveria ser uma das diretrizes iniciais para o processo

¹ Contabilizando moradias inadequadas e coabitação

de desenvolvimento dos sistemas construtivos inovadores.

Para esta avaliação, as técnicas utilizadas foram: observação visual da edificação, identificação de eventuais manifestações patológicas e entrevistas com moradores. Não foi possível aprofundá-la com a realização de ensaios e medições devido à brevidade das visitas autorizadas (aproximadamente 30 minutos) e à opção de se evitarem maiores transtornos aos moradores. Tendo em vista o emprego das técnicas antes mencionadas, foram escolhidos 8 dos 12 requisitos de desempenho dados pela ABNT NBR 15575 (2008), passíveis de avaliação dentro das condições disponíveis: desempenho estrutural; segurança no uso e operação; estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; durabilidade e manutenibilidade; saúde, higiene e qualidade do ar; e funcionalidade e acessibilidade. Adotou-se uma classificação em função de três níveis de desempenho: “atende totalmente ao requisito” (3), “atende parcialmente ao requisito” (2) e “não atende ao requisito” (1).

Ao todo, foram analisados oito edifícios, representativos dos principais tipos de sistemas construtivos presentes no Canteiro Experimental Heliópolis. Em cada edifício, visitou-se uma unidade habitacional.

4 O CANTEIRO EXPERIMENTAL HELIÓPOLIS

O Canteiro Experimental Heliópolis localiza-se na divisa entre o bairro de Heliópolis (São Paulo) e o município de São Caetano do Sul. Foi construído no contexto do Projeto Modelar, conduzido pela COHAB-SP entre 1987 e 1988 (completando, portanto, 22 anos em 2010). O objetivo deste projeto era desenvolver a construção industrializada para produção de habitações de baixa renda e, para isso, os canteiros experimentais serviam como espaço para a seleção dos sistemas construtivos mais adequados a este propósito (CARRASCO, 2000). Ao final do processo, no entanto, não houve continuidade e nenhum dos sistemas empregados no canteiro foi escolhido.

No canteiro experimental, foram construídos 688 apartamentos distribuídos em 43 edifícios. A tipologia, previamente determinada pela COHAB-SP, era a mesma para todos os participantes: edifícios de 4 pavimentos, em formato “H” (2 blocos de 2 apartamentos unidos por uma caixa de escada central), com apartamentos de 44m² (CARRASCO, 2000). As construtoras eram livres para propor seus sistemas construtivos e não havia nenhuma especificação em relação a restrições de custo e requisitos de desempenho. Da mesma forma, não houve um acompanhamento posterior quanto ao desempenho das edificações produzidas, seja por parte da COHAB-SP ou dos participantes do canteiro experimental. Vale ressaltar que, embora as edificações se configurassem como protótipos, todas elas foram comercializadas e se encontram atualmente habitadas.

5 AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

5.1 Apresentação dos resultados

A seguir, para cada um dos sistemas construtivos estudados, são apresentadas:

- a caracterização do sistema construtivo, em função das tecnologias utilizadas na produção da estrutura e das vedações verticais;
- a análise das condições atuais das edificações segundo os requisitos pré-estabelecidos (ABNT NBR 15575, 2008).

Sistema construtivo 1 (SC1): estrutura reticulada pré-moldada de concreto armado, vedação vertical externa em painéis pré-moldados de concreto armado e vedação vertical interna em painéis de gesso acartonado (Figura 1). A análise é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Avaliação do sistema construtivo 1.

Requisito	Avaliação	Detalhamento
Desempenho estrutural	1	Diversas fissuras nos painéis de vedação
Segurança no uso e operação	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Estanqueidade	1	Infiltração de água através das juntas entre as placas externas de vedação (Figura 2) e entre a viga e o pilar
Desempenho térmico	2	Algumas reclamações de desconforto
Desempenho acústico	2	Problemas de isolamento acústico entre pavimentos
Durabilidade e manutenibilidade	1	Durabilidade comprometida pelas fissuras (presença de microorganismos - Figura 3).
Saúde, higiene e qualidade do ar	1	Concentração de microorganismos devido às infiltrações (Figura 3) e relato de presença de baratas nas vedações de gesso acartonado.
Funcionalidade e acessibilidade	2	Dificuldade de acesso para pessoas com mobilidade reduzida

Legenda: (1) não atende ao requisito; (2) atende parcialmente ao requisito; (3) atende totalmente ao requisito



Figura 1 - Vista geral do edifício construído com o SC1.



Figura 2 - Os moradores aplicaram argamassa para selar as juntas entre placas (devido à infiltração).



Figura 3 - Concentração de microorganismos na face interior da parede de fachada.

Sistema construtivo 2 (SC2): estrutura em paredes de concreto armado moldadas in-loco e vedação vertical interna em blocos de concreto (Figura 4). A análise é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Avaliação do sistema construtivo 2.

Requisito	Avaliação	Detalhamento
Desempenho estrutural	1	Realização de reforço posterior na fundação (alargamento das sapatas) devido a recalque do edifício
Segurança no uso e operação	2	Quebra de algumas prumadas de água e esgoto, devido ao recalque do edifício
Estanqueidade	3	Nenhuma reclamação dos moradores (Figura 6)
Desempenho térmico	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Desempenho acústico	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Durabilidade e manutenibilidade	1	A quebra de algumas prumadas de água e esgoto devido ao recalque ocasionou vazamentos (Figura 5)
Saúde, higiene e qualidade do ar	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Funcionalidade e acessibilidade	2	Dificuldade de acesso para pessoas com mobilidade reduzida

Legenda: (1) não atende ao requisito; (2) atende parcialmente ao requisito; (3) atende totalmente ao requisito



Figura 4 - Vista geral do edifício construído com o SC2.



Figura 5 - Reforma das tubulações danificadas pelo recalque



Figura 6 - Aspecto geral externo.

Sistema construtivo 3 (SC3): estrutura reticulada metálica aparente com vedação vertical interna e externa em blocos de concreto leve (Figura 7). A análise é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Avaliação do sistema construtivo 3.

Requisito	Avaliação	Detalhamento
Desempenho estrutural	1	Diversas fissuras na vedação (Figura 7)
Segurança no uso e operação	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Estanqueidade	1	Infiltração de água nas juntas entre vedação e estrutura e umidade ascensional no térreo (Figura 8)
Desempenho térmico	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Desempenho acústico	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Durabilidade e manutenibilidade	1	Deterioração dos revestimentos devido às fissuras e infiltrações. Junta entre estrutura metálica e vedação de difícil tratamento (Figura 9)
Saúde, higiene e qualidade do ar	1	Microorganismos no interior dos apartamentos devido à umidade dos blocos e a infiltrações (Figura 9)
Funcionalidade e acessibilidade	2	Dificuldade de acesso para pessoas com mobilidade reduzida

Legenda: (1) não atende ao requisito; (2) atende parcialmente ao requisito; (3) atende totalmente ao requisito



Figura 7 - Vista geral do edifício construído com o SC3.



Figura 8 - Fissuras e umidade ascensional.



Figura 9 - Umidade na fachada e comprometimento do revestimento.

Sistema construtivo 4 (SC4): estrutura reticulada metálica não aparente (na caixa de escada é aparente) e vedações verticais internas e externas em placas cimentícias com encaixes macho/fêmea (Figura 10). A análise é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Avaliação do sistema construtivo 4.

Requisito	Avaliação	Detalhamento
Desempenho estrutural	1	Estrutura metálica em estado avançado de corrosão e fissuras nas placas de vedação (Figura 11)
Segurança no uso e operação	1	Bandeiras de portas mal fixadas com risco de queda. Risco de perfuração indevida de objetos ou pessoas, pois buchas comuns atravessam completamente as placas de vedação
Estanqueidade	1	Infiltração através de perfurações nas placas e esquadrias (Figura 12)
Desempenho térmico	1	Reclamações contundentes de desconforto. Grande variação térmica devido à espessura muito pequena da placa de vedação
Desempenho acústico	1	Reclamações contundentes de desconforto. Ruídos de impacto facilmente transmitidos através da vedação
Durabilidade e manutenibilidade	1	Corrosão na estrutura, necessidade de substituição de portas e comprometimento das placas devido às fissuras (Figura 11)
Saúde, higiene e qualidade do ar	1	Presença de microorganismos nos locais onde ocorreram infiltrações
Funcionalidade e acessibilidade	2	Dificuldade de acesso para pessoas com mobilidade reduzida

Legenda: (1) não atende ao requisito; (2) atende parcialmente ao requisito; (3) atende totalmente ao requisito



Figura 10 - Vista geral do edifício construído com o SC4.



Figura 11 - Corrosão generalizada da estrutura na caixa de escada.

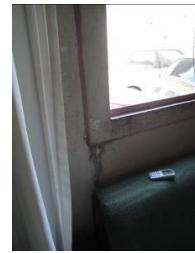


Figura 12 - Infiltração no canto da esquadria e placa fissurada.

Sistema construtivo 5 (SC5): estrutura reticulada metálica aparente com vedações verticais internas e externas em blocos de concreto (Figura 13). A análise é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação do sistema construtivo 5.

Requisito	Avaliação	Detalhamento
Desempenho estrutural	1	Fissuras na alvenaria e pontos de corrosão na estrutura metálica (Figura 14)
Segurança no uso e operação	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Estanqueidade	1	Infiltração de água através das juntas entre estrutura metálica e vedação (Figura 15)
Desempenho térmico	2	Algumas reclamações de desconforto
Desempenho acústico	2	Algumas reclamações de desconforto
Durabilidade e manutenibilidade	1	Problemas de infiltração, fissuras e corrosão (Figura 15)
Saúde, higiene e qualidade do ar	1	Presença de microorganismos devido à umidade e condensação de água no aço em dias frios (Figura 15)
Funcionalidade e acessibilidade	2	Dificuldade de acesso para pessoas com mobilidade reduzida

Legenda: (1) não atende ao requisito; (2) atende parcialmente ao requisito; (3) atende totalmente ao requisito



Figura 13 - Vista geral do edifício construído com o SC5.



Figura 14 - Fissuras próximas às janelas e blocos com umidade.

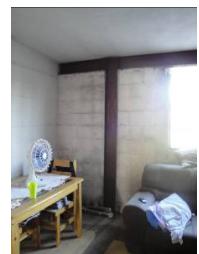


Figura 15 - Mofo e infiltrações na interface estrutura-alvenaria.

Sistema construtivo 6 (SC6): estrutura de concreto armado moldado *in-loco* e vedações verticais internas e externas em painéis pré-moldados de concreto (Figura 16). A análise é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Avaliação do sistema construtivo 6.

Requisito	Avaliação	Detalhamento
Desempenho estrutural	1	Armaduras expostas na estrutura e nas placas de vedação (Figura 17)
Segurança no uso e operação	1	Piso cerâmico do térreo na área comum quebrou devido ao recalque do prédio, deixando lascas expostas
Estanqueidade	1	Infiltrações pelas esquadrias e umidade ascensional no térreo (Figura 18)
Desempenho térmico	1	Reclamação contundente de desconforto (apartamento é abafado)
Desempenho acústico	1	Reclamação contundente de desconforto (isolamento praticamente nulo entre pavimentos)
Durabilidade e manutenibilidade	1	Durabilidade comprometida pelas fissuras

Saúde, higiene e qualidade do ar	2	Algumas áreas com microorganismos devido às infiltrações (Figura 18)
Funcionalidade e acessibilidade	2	Dificuldade de acesso para pessoas com mobilidade reduzida

Legenda: (1) não atende ao requisito; (2) atende parcialmente ao requisito; (3) atende totalmente ao requisito



Figura 16 - Vista geral do edifício construído com o SC6.



Figura 17 - Armaduras expostas.



Figura 18 - Bolor nas paredes do apartamento.

Sistema construtivo 7 (SC7): estrutura composta por grelha metálica em forma de parabolóide hiperbólico, apoiada internamente sobre pilar central no apartamento de aço preenchido com concreto e externamente sobre alvenaria estrutural de blocos de concreto leve. Preenchimento da grelha com blocos de concreto leves e concretagem para composição do piso do pavimento superior (Figura 19 e Figura 20). A análise é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 – Avaliação do sistema construtivo 7.

Requisito	Avaliação	Detalhamento
Desempenho estrutural	2	Presença de algumas fissuras na vedação (Figura 19)
Segurança no uso e operação	1	Mecanismo de abertura da janela guilhotina apresentou baixa durabilidade, caindo sobre a cabeça de uma moradora na operação de abertura e deixando-a em coma (segundo relatos de moradores)
Estanqueidade	1	Infiltrações através das juntas entre a estrutura metálica e a parede externa (Figura 21)
Desempenho térmico	1	Reclamação contundente de desconforto (apartamento é frio e úmido)
Desempenho acústico	1	Ruídos no pilar central devido à presença de prumadas hidráulicas embutidas no concreto (Figura 20)
Durabilidade e manutenibilidade	1	Pontos de corrosão na estrutura e necessidade de substituição das esquadrias (Figura 19)
Saúde, higiene e qualidade do ar	1	Presença de microorganismos devido a infiltrações
Funcionalidade e acessibilidade	1	Dificuldade de acesso para pessoas com mobilidade reduzida. Escada tem degraus com pisada de dimensão insuficiente

Legenda: (1) não atende ao requisito; (2) atende parcialmente ao requisito; (3) atende totalmente ao requisito

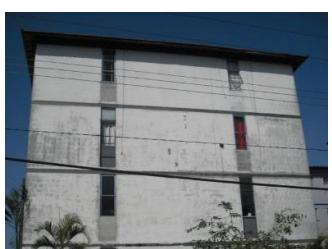


Figura 19 - Vista geral do edifício construído com o SC7.



Figura 20 – Aspecto interno do apartamento. Grelha metálica com pontos de corrosão.



Figura 21 - Argamassa aplicada sobre fissura na interface estrutura-alvenaria e janela substituída (canto superior direito).

Sistema construtivo 8 (SC8): painéis pré-moldados de concreto armado (Figura 22). A análise é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Avaliação do sistema construtivo 8.

Requisito	Avaliação	Detalhamento
Desempenho estrutural	2	Observaram-se alguns pontos de armadura exposta (Figura 23)
Segurança no uso e operação	3	Nenhuma reclamação dos moradores
Estanqueidade	1	Infiltração de água através das juntas entre os painéis (Figura 24)
Desempenho térmico	2	Algumas reclamações de desconforto
Desempenho acústico	1	Reclamações de isolamento acústico insuficiente em relação ao ambiente exterior
Durabilidade e manutenibilidade	1	Armadura exposta (com corrosão) e juntas sem integridade (Figura 23)
Saúde, higiene e qualidade do ar	1	Mofo devido às infiltrações
Funcionalidade e acessibilidade	2	Dificuldade de acesso para pessoas com mobilidade reduzida

Legenda: (1) não atende ao requisito; (2) atende parcialmente ao requisito; (3) atende totalmente ao requisito



Figura 22 - Vista geral do edifício construído com o SC8.



Figura 23 - Armaduras expostas.

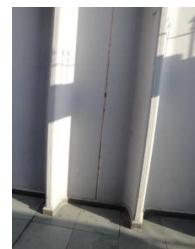


Figura 24 - Juntas mal vedadas, por onde há infiltração.

5.2 Análise dos resultados

Para melhor avaliar os sistemas construtivos, estabeleceu-se um índice chamado “avaliação global de desempenho” (AGD), que é a soma das notas de todos os requisitos de desempenho para cada sistema construtivo. Analisando-se comparativamente estes resultados, chega-se à classificação apresentada na Tabela 9. Considerando-se que a avaliação global desejável para o sistema construtivo corresponderia a um total de 24 pontos (o que significa total atendimento de todos os requisitos de desempenho), calculou-se o que neste trabalho se denominou Índice de Atendimento ao Desempenho Esperado (IADE) do sistema construtivo, dado pela eq. 1, que corresponde à somatória das notas de todos os requisitos de desempenho atribuídas ao sistema, pela nota máxima que poderia obter (24).

$$IADE = \frac{AGD}{24} \quad (\text{eq. 1})$$

Tabela 9 – Avaliação global dos sistemas construtivos estudados.

Sistema construtivo	AGD	IADE	Classificação
SC1	13	54%	3º
SC2	18	75%	1º
SC3	15	63%	2º
SC4	9	38%	5º
SC5	13	54%	3º
SC6	10	42%	4º
SC7	9	38%	5º
SC8	13	54%	3º

Calculando-se a média dos índices de atendimento ao desempenho esperado dos sistemas construtivos, chega-se a um atendimento médio de 52%, ou seja: na média, o desempenho apresentado pelos sistemas construtivos corresponde somente à metade do desempenho esperado dos mesmos. Portanto, conclui-se que, em geral, a experiência do canteiro experimental de Heliópolis não foi bem sucedida, pois resultou em sistemas construtivos com desempenho muito abaixo do esperado.

Carrasco (2000), em pesquisa com os moradores do conjunto Heliópolis realizada quando os edifícios

tinham 12 anos de construção, também encontrou indicadores de desempenho insatisfatórios: 51,2% dos moradores relataram desconforto térmico, 35,8% reclamaram de infiltrações em dias de chuva, 74,3% se queixaram de ruídos externos e 57,8%, de ruídos internos, 57,4% relataram vazamentos no sistema hidráulico, 28,4% disseram ter ocorrido incêndios nos apartamentos e 14,3% tiveram problemas com a rede de esgoto. Em decorrência destes problemas, houve reformas em 79,5% dos apartamentos. Ou seja, já há 10 anos estas edificações apresentam problemas.

Calculando-se as médias das notas atribuídas para cada requisito de desempenho no estudo atual, chega-se aos resultados apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Média das avaliações para cada requisito de desempenho

Requisito de desempenho	Desempenho médio
Segurança estrutural	1,3
Segurança no uso e operação	2,1
Estanqueidade	1,3
Desempenho térmico	1,9
Desempenho acústico	1,8
Durabilidade e manutenibilidade	1,0
Saúde, higiene e qualidade do ar	1,4
Funcionalidade e acessibilidade	1,9
<i>Média</i>	<i>1,6</i>

Observa-se que, no geral, a avaliação dos requisitos foi muito baixa, com uma nota média de 1,6. O pior requisito avaliado foi o de “durabilidade e manutenibilidade”, ou seja, os sistemas e subsistemas construtivos não atingiram a vida útil esperada. Este é um resultado bastante importante, pois significa que são necessários investimentos em manutenção corretiva antes do esperado – custos normalmente incompatíveis com a disponibilidade de renda dos condôminos. Outros requisitos mal avaliados foram “segurança estrutural” (embora nenhum edifício tenha ruído, é possível afirmar que eles não atendem às condições de “estado limite de serviço”, pois os avançados estados de fissuração observados causam desconforto aos usuários), “estanqueidade” e “saúde, higiene e qualidade do ar”, ou seja, trata-se de edifícios inseguros e não-estanques, o que resulta em péssimas condições de habitabilidade.

Analizando-se os tipos de problemas que ocorreram nos edifícios estudados, observa-se que a maioria está relacionada a fissuras e juntas. Muitos dos casos de infiltração e, consequentemente, presença de microorganismos decorrem destas duas primeiras causas. Os problemas de fissuração (de placas e blocos) podem ser creditados a falhas na constituição de materiais e componentes e à incompatibilidade de deformabilidade entre elementos diferentes (por exemplo, alvenaria de vedação e estrutura metálica). Esses mesmos problemas estão refletidos também nas juntas, além da falta de materiais adequados para sua adequada selagem. Como conclusão geral, depreende-se que a maioria dos problemas destes sistemas construtivos se deve a falhas de interface entre componentes distintos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação ao emprego de novas tecnologias para a construção de edifícios no canteiro experimental de Heliópolis, é possível concluir que:

- O processo foi conduzido sem visão sistêmica sobre o edifício, o que é evidenciado pelas diversas falhas de interface apresentadas no item 5. Muitas das manifestações patológicas poderiam ter sido prevenidas, caso se fizesse um projeto adequado da tecnologia, estudando o comportamento dos materiais envolvidos e a interação entre os diversos elementos;
- Trata-se de um processo incompleto, com investimento insuficiente em projetos e avaliações prévias de desempenho. Muitos dos problemas observados poderiam ter sido antecipados e, consequentemente, prevenidos, mediante a realização de estudos a respeito dos materiais e técnicas empregados nestes sistemas construtivos. Ao contrário, partiu-se logo de início para a execução de “protótipos” que foram comercializados independentemente dos seus resultados, os quais foram insatisfatórios;
- Na maior parte dos casos, fica evidente que o desempenho não foi usado como diretriz para o

processo de adoção das novas tecnologias.

A rigor, as soluções propostas no canteiro experimental de Heliópolis sequer poderiam ser denominadas de “sistemas construtivos”, uma vez que estes pressupõem que a tecnologia seja bem estudada e integrada às demais partes do edifício, o que não ocorreu. Sendo assim, ficam evidentes os resultados insatisfatórios de processos de adoção de tecnologias construtivas inovadoras conduzidos de forma desestruturada: edificações com desempenho inadequado, custos de manutenção altos e, além disso, um alto custo social devido às más condições de habitabilidade e à degradação do ambiente construído e urbano.

Portanto, o aprendizado que se pode extraír desse estudo é que, para que a construção civil possa se industrializar e propor sistemas construtivos efetivos, é necessário que conduza processos de desenvolvimento tecnológico à semelhança da indústria seriada: de forma planejada, estruturada, percorrendo todas as fases desde o projeto da tecnologia, passando pelas avaliações prévias de desempenho, até sua efetiva implantação. Além disso, este processo deve sempre considerar duas diretrizes balizadoras fundamentais: construtibilidade, para que os custos de produção sejam baixos e seja possível atender ao volume de produção projetado; e desempenho, para que os produtos decorrentes deste desenvolvimento atendam às necessidades do público-alvo.

Caso a construção civil não se conscientize dos investimentos e esforços necessários ao desenvolvimento tecnológico de sistemas construtivos, é provável que se desperdicem as condições de mercado atualmente favoráveis à industrialização da construção, em detrimento da produção imediata de edificações com “sistemas construtivos” improvisados.

7 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008. 52 p.
- BARROS, M. M. S. B. **Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios.** 1996. 422p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- CARRASCO, A. O. T. Desenvolvimento Tecnológico e Políticas Habitacionais. **Revista de Estudos sobre Urbanização, Arquitetura e Preservação – Caderno de Pesquisa do LAP.** São Paulo: FAU-USP, 2000.
- EMPRESAS dobraram de tamanho em um ano. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 19 abr. 2010. Negócios, Caderno N, p. N5.
- FARIA, R. Torres econômicas. **Téchne**, São Paulo, n. 130, p. 30-34, janeiro 2008.
- GARCIA, F; CASTELO. A. M. Desafios continuam à frente. **Conjuntura da Construção**, São Paulo, ano VII, n. 9, p. 10-12, dezembro 2009.
- MENDES, G. Alta engenharia na baixa renda. **Téchne**, São Paulo, n. 130, p. 2, janeiro 2008.
- O CICLO aberto. **Construção SP**, São Paulo, n. 2089, p. 6-12, fevereiro 1988.
- ORLANDI, S. A. F.; CORRÊA, L. C. A. A industrialização da construção e o problema habitacional brasileiro: conceituação e a experiência do “Projeto Modelar”. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1987. p. 01-08.

8 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação de Moradores de Heliópolis, pelo apoio dado durante as visitas às edificações.