

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO EM MADEIRA DE REFLORESTAMENTO PARA ATENDER AO PROGRAMA DE SUBSÍDIO DE HABITAÇÃO SOCIAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA

LAROCA, C. (1); KRÜGER, E. L. (2); MATOS, J.M. (3);

(1, 2) UTFPR -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil
wood_arquitetura@yahoo.com.br, eduardo_krueger@ibest.com.br

(3) UFPR- Universidade Federal do Paraná, Departamento de Tecnologia Florestal jmatos.ufpr@gmail.com

RESUMO

Segundo o Ministério das Cidades, em 2007 o déficit habitacional brasileiro já atingia 7.223 milhões de domicílios. Deste total, 84% do déficit habitacional estão concentrados nas famílias com renda de até três salários mínimos. Na região Sul o percentual do déficit das famílias com renda mensal de até três salários mínimos é um pouco menor que a média nacional, sendo de **80,9%**. Em contrapartida o estado de Santa Catarina possui uma forte tradição construtiva em madeira. Além disso, o estado é o segundo maior produtor de Pinus do país, com aproximadamente 450.000ha de florestas plantadas. O presente trabalho trata da concepção, execução e monitoramento da montagem de um protótipo de habitação em madeira, utilizando o sistema construtivo de painéis portantes de pequenas dimensões fabricados a partir de chapas de compensado e madeira de reflorestamento em Canoinhas, estado de Santa Catarina. Este protótipo foi concebido para atender ao Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social (PSH), que oferece um “subsídio” máximo de R\$4.500,00, exigindo uma contrapartida do estado de R\$5.000,00, através da Companhia de Habitação Social (COHAB-SC), para construção de novas unidades. Este estudo foi desenvolvido em quatro etapas: a) desenvolvimento do projeto de pré-fabricação; b) execução dos componentes pré-fabricados; c) execução do protótipo; d) monitoramento da qualidade do processo de construção, considerando a geração de indicadores de desempenho. Como resultado, foram apresentadas sugestões para a melhoria do processo construtivo de futuras unidades habitacionais a serem implementadas no interior do estado.

Palavras-chave: Habitação Social; Avaliação de Desempenho da Edificação

ABSTRACT

According to *Ministério das Cidades*, in 2007 the Brazilian housing deficit encompassed 7.223 million units. About 84% of the families earn up to three minimum wages. In Southern Brazil, this deficit is less than the average, 80,9%. On the other hand the state of Santa Catarina has a strong tradition in wood construction, besides that Santa Catarina is the second greatest Brazilian producer of pine forests with approximately 450.000ha of planted forests. The present study deals with the conception, construction and assembly monitoring of a pre-fabricated prototype in plywood and reforestation wood in Canoinhas, SC. The prototype was conceived in order to attend the *Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social (PSH)*, which subsidizes the construction of new homes. This study was developed in four stages: a) pre-fabrication planning; b) construction of pre-fab components; c) construction of the prototype; d) monitoring and appraisal of the quality of the pre-fabrication process, according to performance indices. As a result, suggestions are made for improvements in the building process for new housing units.

Keywords: Low-income Housing; Performance Evaluation.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério das Cidades em 2007 (2007) o déficit habitacional brasileiro já atingia 7.223 milhões de domicílios. Destes, a grande maioria, 5,47 milhões encontram-se em áreas urbanas e 1,75 milhões em zonas rurais. As regiões Nordeste e Sudeste concentram a maior parte do déficit com incidência de 39,4% e 32,4%, respectivamente. Deste total, 84% do déficit habitacional estão concentrados nas famílias com renda de até três salários mínimos. Na região Sul, o percentual do déficit das famílias com renda mensal de até três salários mínimos é um pouco menor que a média nacional, sendo de **80,9%**. No ano de 2006 o déficit habitacional no estado de Santa Catarina era da ordem de 160.000 moradias. De acordo com a Companhia de Habitação Popular de Santa Catarina (COHAB-SC, 2007), embora o estado não tenha os graves problemas da região Norte, Nordeste e do eixo Rio-São Paulo, um dos maiores problemas enfrentados pela população é a falta de moradias.

Santa Catarina ocupa um território de 95.442,9km², correspondente a 1,12% do território nacional, com uma população de 5.333.284 habitantes, sendo 4.197.287 residentes na área urbana e 1.135.997 na área rural, e com uma taxa média de 2,27% de crescimento anual. O estado de Santa Catarina possui uma forte tradição construtiva em madeira. Ainda hoje é possível observar muitas unidades sendo construídas na região serrana, tanto casas de alto padrão como casas populares. Além disso, o estado é o segundo maior produtor de *Pinus* do país, com aproximadamente 450.000ha de florestas plantadas, perdendo apenas para o estado do Paraná. Em decorrência destes motivos, o Governo do Estado intercedeu junto à Companhia de Habitação Popular de Santa Catarina (COHAB-SC) no sentido de buscar soluções pré-fabricadas (industrializadas) para a construção de unidades habitacionais no interior do estado. A COHAB-SC procurou o setor madeireiro para o fornecimento de casas pré-fabricadas em madeira de reflorestamento, destinadas a atender ao programa de habitação social por regime de auto-construção em vigência no estado. Estas unidades seriam financiadas com recursos do Programa de Subsídio de Habitação de Interesse Social (PSH).

Tendo em vista as dificuldades enfrentadas pelas famílias com renda mensal de até três salários mínimos para conseguir um crédito habitacional, em virtude da sua limitada capacidade de efetivar o pagamento, associada aos elevados custos das operações financeiras, o PSH passou a oferecer subsídios tanto no âmbito da cobertura dos custos das operações financeiras quanto na área relacionada à complementação do preço de compra/venda ou construção das unidades residenciais. Uma parcela do financiamento através do PSH é a fundo perdido, a outra é financiada pela própria COHAB-SC, sem taxas administrativas, ou juros bancários. No caso de financiamento de imóveis localizados nos municípios integrantes de regiões metropolitanas, inclusive áreas rurais, o subsídio (a fundo perdido) de complementação varia entre R\$4.000,00 a R\$6.000,00. Cada estado decide como serão aplicados estes recursos no caso de Santa Catarina, optou-se por programas de auto-construção em que as famílias inscrevem-se em seus municípios. O critério de seleção é a ordem de inscrição, o número de pessoas da família e a renda familiar, neste caso, são beneficiadas as maiores famílias com as menores rendas e normalmente o financiamento é concedido em nome da mulher. A contrapartida do município é, em alguns casos, o terreno e a preparação do mesmo, bem como a supervisão e a responsabilidade técnica da obra.

Diante da perspectiva de comercialização de casas pré-fabricadas, alguns empresários decidiram viabilizar a construção de dois protótipos, um construído em madeira maciça no município de Lajes-SC, coordenado pelo sindicato dos madeireiros do município. O outro foi construído no pátio da indústria LAVRASUL S/A em Canoinhas-SC e está vinculado a este trabalho.

2 METODOLOGIA

O método adotado no desenvolvimento do protótipo seguiu as seguintes etapas: a) definição de diretrizes para a elaboração do projeto; b) adaptação do projeto arquitetônico e elaboração do projeto de pré-fabricação e planejamento do processo construtivo; c) orçamento detalhado e elaboração do memorial descritivo; d) construção do protótipo segundo o planejamento do processo construtivo; e) monitoramento do processo construtivo.

3 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE HABITAÇÃO SOCIAL

Na fase de projeto, ficou estabelecido que a unidade habitacional deveria reunir as seguintes características: a utilização de um sistema construtivo simples, de fácil entendimento pelo mutuário, permitindo a sua execução por auto-construção, com ferramentas e equipamentos de uso corriqueiro; atender aos requisitos mínimos de habitabilidade, definidos pelo Projeto de Norma da ABNT (2004) (conforto térmico acústico e lumínico); o custo da unidade não deveria exceder o valor máximo de R\$9.300,00 para unidades instaladas na região metropolitana de Florianópolis e interior; a possibilidade de montagem destas unidades em diferentes regiões climáticas de Santa Catarina (litoral e serra); o fornecimento de um manual prático de montagem para auto-construção; e, finalmente, a garantia de durabilidade e qualidade do produto por no mínimo 15 anos.

3.1 Projeto de arquitetura e a concepção do sistema construtivo

O projeto desenvolvido para atender aos requisitos do PSH foi concebido a partir da releitura de experiências bem sucedidas ocorridas em países desenvolvidos (sistema construtivo *wood light frame*). Este sistema tem como características principais o uso de peças de pequenas dimensões de madeira de reflorestamento e de paredes duplas para a melhoria das condições de segurança, habitabilidade, e sustentabilidade.

Partindo-se das diretrizes projetuais estabelecidas, decidiu-se, por sugestão da COHAB-SC, adotar a mesma planta na construção de casas de madeira em um programa existente, que utiliza madeira serrada (tábuas com mata-juntas) apreendida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis- IBAMA (apreensão de madeira cortada ilegalmente). Em virtude das limitações do material utilizado, a planta foi adaptada e modulada para as dimensões múltiplas de 122cm x 244cm (Figura 1).

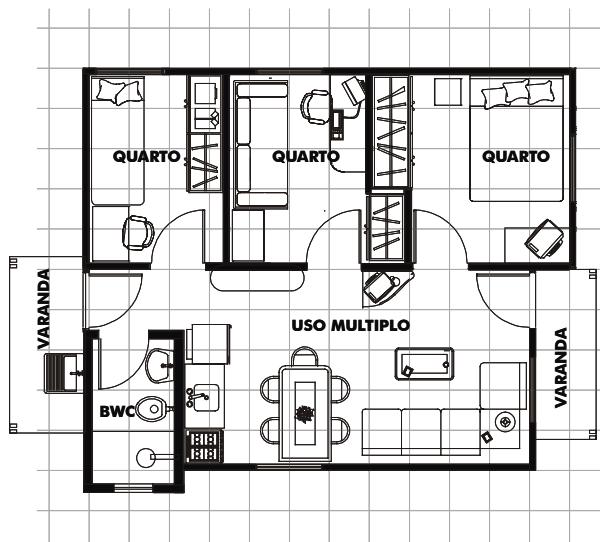


Figura 1- Planta modulada A= 48,9m²

3.2 Componentes pré-fabricados

Pré-fabricar apenas um componente do sistema não ofereceria ao usuário uma solução construtiva global. Conceber uma solução construtiva não só implica em procurar respostas através de pesquisas científicas, para todas as questões que envolvem o uso da madeira, mas também estar sempre em busca de soluções criativas para a melhoria contínua do processo construtivo. Por estes motivos, seria inaceitável pesquisar, por exemplo, apenas o elemento parede, pois a edificação é um conjunto de vários sub-sistemas. A concepção de um sistema com vários componentes pré-fabricados implica em estudar detalhadamente a interação entre os diversos subsistemas (fundação-estrutura; estrutura-vedação; paredes-telhado) Este projeto se tornou desafiador no sentido de buscar soluções simples e contextualizadas ao tema habitação social. O sistema construtivo foi dividido em três subsistemas:

fundações, super-estrutura (paredes+estrutura) e cobertura. Para cada subsistema, foram criados elementos pré-fabricados (Quadro 1). Na fase subsequente, foi definida a seqüência de montagem dos componentes pré-fabricados. O protótipo foi modelado com o auxílio de um software específico para elaboração de projetos tridimensionais.

Quadro 1- Pre-fabricados e pre-moldados

	Subsistema	Componente	Descrição	Peso (Máximo)
<i>Pré - Moldados em concreto</i>	<i>FUNDAÇÃO</i>		Sapata pré-moldada de canto Sapata pré-moldada de meio	16kg 18kg
			Vigas pré-moldadas externas Vigas pré-moldadas internas	27kg 18kg
	<i>SUPER-ESTRUTURA</i>		Painéis estruturais internos e externos; caixilhos pré-fabricados para portas e janelas	43kg 15kg 10kg
			Tesouras pré fabricadas Oitões pré-fabricados	50kg 35kg

Com relação à composição de custos, foram estudadas várias alternativas durante o decorrer da elaboração do projeto. Para a obtenção do custo dos insumos, foi realizada uma pesquisa junto às principais lojas de material de construção de Curitiba no mês de junho do ano de 2005. Na seqüência, também foram realizados orçamentos nas cinco principais lojas de material de construção de Canoinhas-SC. Deve-se chamar a atenção no sentido de que estes custos são loja – consumidor final, ou seja, em grande quantidade, há a possibilidade de negociar direto com as fábricas ou seus representantes para a compra de material em grande volume. Como resultado da composição de custos, obteve-se o custo total e parcial de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1- Composição de custos do protótipo

CUSTOS - HABITAÇÃO SOCIAL 49,3m ²		
	R\$	%
Fundação / contrapiso (material)	867,47	9,52
Alvenaria e estrutura	605,06	6,64
Instalações elétricas	286,58	3,14
Instalações hidráulicas	243,32	2,67
Instalações sanitárias	344,64	3,78
Aparelhos	216,59	2,38
Cobertura	910,64	9,99
Ferragens	115,82	1,27
Revestimento cerâmico	109,16	1,20
Vidros	151,56	1,66
Pintura	267,30	2,93
Complementações	140,00	1,54
Portas e janelas	574,00	6,30
Madeira	3.123,96	34,27
Tratamento madeira	710,00	7,79
Pré- fabricação	450,00	4,94
T O T A L (USD\$)	4.259,85	100,00

4 FABRICAÇÃO E MONTAGEM DO PROTÓTIPO

A fabricação dos componentes para a montagem do protótipo foi executada próximo ao canteiro de obras, na fábrica da LAVRASUL S/A e foi dividida em três etapas: a) seleção do material segundo

parâmetros pré-estabelecidos de classificação da madeira serrada; b) fabricação dos gabaritos para produção dos componentes pré-fabricados; c) fabricação de componentes para a montagem do protótipo.

A montagem do protótipo foi iniciada pela marcação da obra no terreno e nivelamento do mesmo. Após a regularização do terreno, iniciou-se o assentamento das sapatas. Foram utilizados gabaritos (caixas vazadas) de pinus 40x40 para auxiliar a fixação com argamassa mista de cimento. Na seqüência, as vigas de fundação foram transportadas e colocadas sobre as sapatas. Todas as peças foram planejadas e calculadas para serem transportadas por uma ou duas pessoas. Em seguida, foram alinhadas, aprumadas, e niveladas com o auxílio da linha de *nylon* e do nível de bolha. A fixação foi feita por meio do *grout* (massa de cimento mais aderente), nas canaletas das sapatas. Após a fixação das vigas foi necessário executar um novo aterro preenchendo-se o quadro interno, de forma que a altura final do contrapiso ficasse 3cm acima das sapatas. Em seguida, o contrapiso foi concretado em duas etapas em quadros alternados, com um intervalo de 24 horas entre uma e outra concretagem. Utilizou-se concreto com resistência final de 10 MPa com aditivos impermeabilizantes. Na Figura 2 pode-se observar todo o processo acima descrito.



Figura 2- Execução da fundação e contrapiso

- (a) locação das sapatas; (b) colocação das vigas; (c) apiloamento do terreno; (d) execução do lastro do contrapiso;
- (e) concretagem do contrapiso; (f) contrapiso concretado

A etapa subsequente foi a impermeabilização da fundação. Considera-se a interação entre os dois subsistemas (fundação-parede) um ponto crítico do sistema. A impermeabilização é uma tarefa importante sob o ponto de vista da durabilidade, pois a guia e a peça inferior do painel ficam em contato direto com a fundação. A tendência da umidade do terreno é subir por capilaridade até a face superior da viga. Foram aplicadas duas demãos de uma pintura asfáltica impermeabilizante. É aconselhável utilizar mais de um método de impermeabilização, neste caso, utilizou-se um sistema de drenagem das águas da chuva através da colocação de várias camadas de materiais permeáveis em seu perímetro para a proteção da edificação. Após a impermeabilização das vigas, iniciou-se o procedimento de montagem dos painéis. Nesta etapa, foram executadas quatro operações: a fixação das guias, o encaixe dos painéis nas guias, a colocação e fixação das vigas superiores, e a fixação dos painéis nas guias inferiores. Esta etapa foi comparativamente a mais rápida da montagem, foi executada em apenas dois dias e meio, em contrapartida, foi a que apresentou o maior número de problemas que serão discutidos na seqüência. Para a montagem dos painéis, o rasgo inferior do painel foi encaixado sobre a guia. Em seguida, os painéis foram aprumados. As vigas superiores foram encaixadas no rasgo superior do painel, sendo que a sua emenda coincidiu com o meio do painel adjacente. A borda inferior do painel

foi pregada na guia em todo o perímetro interno e externo da edificação. Na Figura 3 pode-se observar o processo de montagem das paredes.



Figura 3- Montagem das paredes

(a) colocação das guias; (b) corte da borda inferior do painel de canto; (c) transporte do painel; (d) colocação dos painéis de canto; (e) colocação dos painéis; (f) conclusão da colocação dos painéis

A cobertura foi executada em três etapas: a montagem das tesouras, dos oitões e ripamento e a colocação das telhas de fibrocimento. As tesouras foram transportadas do barracão de pré-fabricação até o canteiro de obras e armazenadas próximo ao local de montagem; cada peça pesa em torno de 40kg e deve ser manuseada sempre na vertical. Em Santa Catarina, ocorrem eventos meteorológicos a serem considerados, pois em algumas épocas o vento atinge altas velocidades, resultando em destelhamentos. Para evitar o arrancamento do telhado, por sugestão da COHAB-SC, foi desenvolvido um dispositivo de fixação das tesouras nos painéis de vedação. Após a montagem das tesouras, iniciou-se a montagem dos oitões. Os oitões possuem chapas em apenas uma das faces. A fixação deste componente é feita através de pregos ou parafusos sobre o painel parede. Além disso, são consolidados, contraventando-se na estrutura de tesouras. A terceira etapa da cobertura foi a colocação dos caibros e telhas; estas são de fibrocimento e possuem 105cm x 210cm x 5mm. Foram necessários três apoios, desta forma, a distância entre caibros é de aproximadamente 100cm. Os transpasses e o sistema de fixação das telhas obedece as especificações do fabricante. Os caibros possuem 5cm x 5cm, com comprimentos variados, pois a distância entre tesouras é de 122 cm de eixo a eixo.

A especificação inicial sobre a utilização de telhas cerâmicas não foi observada pela LAVRASUL S/A, portanto utilizou-se fibrocimento sem qualquer tipo de isolamento térmico. A colocação das esquadrias (janelas) ocorreu paralelamente à montagem da cobertura e foi uma operação relativamente simples, consistindo no encaixe do quadro no vão da janela. Em virtude do orçamento limitado, as janelas são de ferro, comumente encontradas em comércio de material de construção. A última etapa de montagem foi a colocação do forro e acabamentos. O banheiro, bem como a parede hidráulica foram construídos em alvenaria tradicional por exigência da COHAB-SC. A Figura 4 ilustra a montagem da cobertura e a colocação das esquadrias.



Figura 4- Montagem da cobertura

(a) colocação das tesouras; (b) contraventamento das tesouras; (c) colocação dos oitões; (d) colocação das ripas de telha; (e) cobertura concluída; (f) colocação das janelas

O tempo total de montagem do protótipo foi de 520 horas, executadas em 30 dias. A operação que teve maior tempo de duração foi a montagem do protótipo (madeira), que consumiu 31% do tempo total. Em seguida, o segundo maior tempo de execução foi a etapa de acabamentos que consumiu 23% do tempo total de montagem. Através da Figura 5 pode-se observar vistas externas e internas do protótipo concluído."



Figura 5- Vistas externas e internas do protótipo concluído

Durante a montagem do protótipo, foram observadas algumas dificuldades em sua execução. Foi aplicado o Diagrama de Causa e Efeito de cada operação, definindo-se as categorias apropriadas (6M: Método, Mão-de-obra, Máquina, Meio ambiente, Material e Medição), com o objetivo de identificar as causas dos problemas ocorridos. Os principais problemas ocorridos foram: dificuldades na locação das sapatas; a presença de vãos maiores que dois centímetros entre painéis paredes e arqueamentos dos mesmos; e, finalmente, foi observada falha na linha de cola das chapas de alguns painéis. As principais causas enumeradas dentro das seis categorias foram: erros de medição na locação da obra; possível movimentação do solo e movimentação das sapatas durante a fase de apiloamento do quadro interno; falta de treinamento da equipe executora e falta de equipamentos apropriados na fase da construção dos painéis. A Figura 6 ilustra os problemas ocorridos durante a montagem do protótipo.

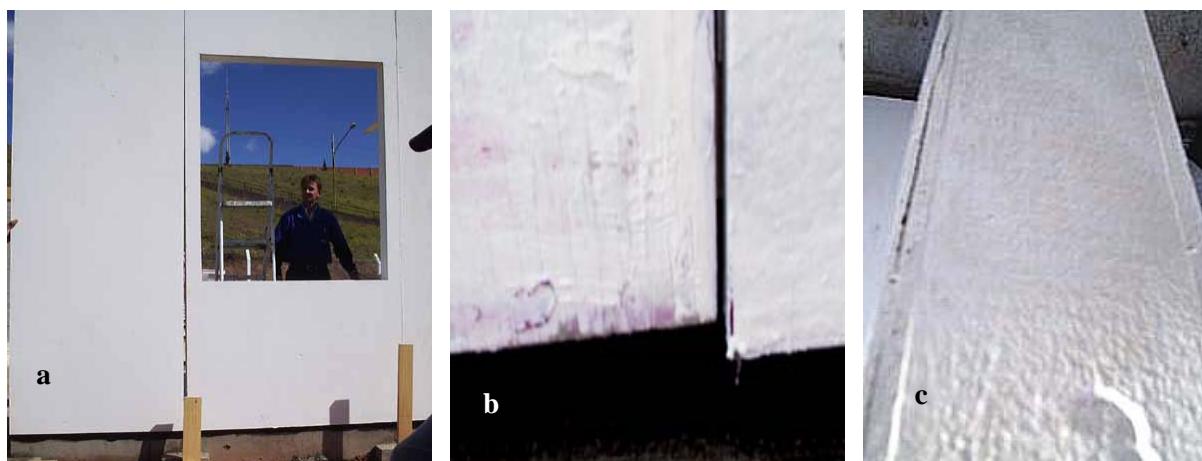


Figura 6- Problemas ocorridos durante a montagem do protótipo
 (a) espaço entre painéis; (b) borda dos painéis desalinhadas; (c) falha na linha de cola dos painéis

5 CONCLUSÕES

Após a análise das operações de montagem foi elaborado o Quadro 2 com sugestões de modificações construtivas de futuras unidades.

Quadro 4- Sugestões para modificações em futuras unidades

	Montagem do protótipo LAVRASUL S/A	Propostas para modificações construtivas em futuras unidades habitacionais
FUNDAÇÃO	Houve dificuldade na montagem dos componentes pré-fabricados da fundação. O tempo de montagem desta etapa foi de 132 horas.	Redesenhar o projeto das fundações, de forma que a cotagem não seja feita pelos eixos. Planejar o processo construtivo e o desenho das vigas e sapatas, de forma a diminuir o número de operações na montagem da fundação.
	É possível que tenha ocorrido um deslocamento dos componentes pré-fabricados da fundação em virtude do reaterro e apiloamento do quadro interno.	Prever outras formas de fixação das sapatas-vigas e vigas-vigas. Diminuir o volume do aterro necessário, principalmente no quadro interno da edificação.
	Na impermeabilização da fundação foi executada apenas duas demãos de pintura asfáltica.	Monitorar o grau de umidade no interior dos painéis; Pesquisar outros tipos de proteção e barreiras de umidade para garantir a durabilidade do sistema.

PROTOTIPO - MADEIRA		
	Distâncias entre painéis $\geq 3\text{mm}$.	Melhorar o controle de qualidade, selecionando e classificando a madeira serrada e painéis para uso estrutural de acordo as especificações pré estabelecidas. Pesquisar a possibilidade da utilizar encaixes laterais. Planejar um sistema de travamento entre as vigas de fundação para impedir a movimentação das mesmas.
	Arqueamento nos painéis internos	Melhorar o controle de qualidade, selecionando e classificando a madeira serrada e painéis para uso estrutural de acordo as especificações pré-estabelecidas
	Algumas chapas apresentaram falha na linha de cola, sujeira de prensa, falha de miolo etc.	Treinar a mão-de-obra para classificar os painéis de acordo com os defeitos de fabricação que podem ocorrer. Estabelecer padrões de não conformidade.
	Painéis desalinhados.	Redesenhar o sistema de sapatas

O projeto desenvolvido e o registro de todas as operações para a construção do protótipo não são suficientes para a comercialização do mesmo. É necessário investir em pesquisas para a avaliação de outros parâmetros, como por exemplo, os definidos pelo Projeto de Norma de Desempenho (ABNT, 2004), que divide os requisitos de desempenho em três grandes grupos: habitabilidade, segurança e sustentabilidade.

6 BIBLIOGRAFIA

ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas Projeto de Norma 02:136.01.001 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos– Partes de 1 a 6. , 2004.

COHAB-SC Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina. www.cohabsc.gov.br .Acesso em 12/4/2006.

LAROCA, C. Desenvolvimento de protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento e avaliação do desempenho termo-acústico. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, 2007

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programas e Ações, Habitação social.** Disponível em http://www.cidados.gov.br//index.php?option=content&task=category§ionid=16&id=153&menu_id=266&menupid=213&menutp=habitacao T acesso em 22/12/2007.