

## Inovação Tecnológica na Construção Habitacional



Editores

**Luis Carlos Bonin**

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim**

Volume **6**

Programa de Tecnologia de Habitação



**E**ste volume da Coletânea Habitare apresenta resultados de oito projetos relacionados com o tema Inovação Tecnológica. Financiadas pelo Programa de Tecnologia de Habitação (Habitare), da Finep, as pesquisas são direcionadas ao desenvolvimento de novos produtos, como telhas de fibrocimento, componentes construtivos com fibras de sisal e blocos com adição de cinzas. Há também artigos sobre projetos voltados ao aperfeiçoamento de tecnologias já existentes no mercado.

Os relatos foram organizados na forma de artigos, trazendo informações sobre processos de desenvolvimento científico e tecnológico que buscam qualidade, redução de custos e competitividade no campo da construção civil. O conjunto mostra a variedade de abordagens nas propostas apoiadas pelo Programa Habitare. Revela também o estágio dos trabalhos universitários e o potencial para aproximação da pesquisa tecnológica do mercado produtivo, já que os estudos são realizados a partir de parcerias com empresas.

De autoria de coordenadores e colaboradores das pesquisas, os capítulos mostram ainda que ações de fomento, como as subsidiadas pelo Programa Habitare, representam um importante esforço para superação da insipiente interação entre o setor produtivo e o meio acadêmico.

ISBN 85-89478-15-7



9 78 85 89 47 81 50

# Inovação Tecnológica na Construção Habitacional

Coletânea HABITARE

Volume **6**

Editores

**Luís Carlos Bonin**

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim**

2006

Porto Alegre



© 2006, Coletânea HABITARE

**Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC**

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar - Centro

90035-190 - Porto Alegre - RS

Telefone (51) 3316-4084

Fax (51) 3316-4054

<http://www.antac.org.br/>

**Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP**

Presidente: **Odilon Antonio Marcuzzo do Canto**

Diretoria de Inovação para o Desenvolvimento Econômico e Social

**Eliane de Britto Bahruth**

Diretoria de Administração e Finanças

**Fernando de Nielander Ribeiro**

Diretoria de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

**Carlos Alberto Aragão Carvalho Filho**

**Grupo Coordenador Programa HABITARE**

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP

Caixa Econômica Federal - CAIXA

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Ministério das Cidades

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE

Comitê Brasileiro da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas - COBRACON/ABNT

Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC

Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional - ANPUR

**Apoio Financeiro**

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP

Caixa Econômica Federal - CAIXA

**Editores da Coletânea HABITARE**

Roberto Lamberts - UFSC

Carlos Sartor - FINEP

**Equipe Programa HABITARE**

Ana Maria de Souza

Angela Mazzini Silva

**Editores do Volume 6**

Luís Carlos Bonin

Sérgio Roberto Leusin de Amorim

**Texto da capa**

Arley Reis

**Revisão**

Giovanni Secco

**Projeto gráfico**

Regina Álvares

**Editores eletrônica**

Amanda Vivan

**Imagem da capa**

Foto do Projeto Sistema STELLA-UFSC: avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social (ver Capítulo 4)

**Fotolitos, impressão e distribuição**

Prolivros Ltda.

[www.prolivros.com.br](http://www.prolivros.com.br)

**Catálogo na Publicação (CIP).**

**Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).**

---

1588 Inovação Tecnológica na Construção Habitacional / Editores Luís Carlos Bonin [e] Sérgio Roberto Leusin de Amorim. — Porto Alegre : ANTAC, 2006. — (Coleção Habitare, v. 6)

228p.

ISBN 85-89478-15-7

1. Inovação. 2. Tecnologia. 3. Construção Civil. I. Luís Carlos Bonin. II. Sérgio Roberto Leusin de Amorim. III. Série

CDU 69:658

---

## Sumário

1. Introdução _____	4
Luís Carlos Bonin e Sérgio Roberto Leusin de Amorim	
2. Desenvolvimento de tecnologia para fabricação de telhas de fibrocimento _____	14
Holmer Savastano Junior, Vahan Agopyan e Vanderley M. John	
3. Desenvolvimento de componentes de edificações em fibra de sisal-argamassa a serem produzidos de forma autogestionária _____	40
Suely da Silva Guimarães, Odair Barbosa de Moraes, Jozimar dos Santos Lima, Olmo Lacerda, José Eduardo Ferreira Fontes e Caio Mário Pinheiro Batista	
4. Sistema STELLA/UFSC: avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social _____	66
Carolina Palermo Szücs	
5. Pesquisa e desenvolvimento de processos construtivos industrializados em cerâmica estrutural _____	116
Cristina Guimarães Cesar e Humberto Ramos Roman	
6. Alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos _____	142
Paulo de Tarso Cronemberger Mendes e Almir Amorim Andrade	
7. Construção de habitações de interesse social _____	160
José Mario Doleys Soares, Marcus Daniel Friederich dos Santos, Leandro Agostinho Kroth e Felipe Claus Rauber	
8. Desenvolvimento de terminologia e codificação de materiais e serviços para construção _____	188
Sérgio Roberto Leusin de Amorim e Lucia de Almeida Peixoto	
9. Projetos HABITARE/FINEP, equipes e currículos dos participantes _____	220

# COLETÂNEA HABITARE

# 1.

4

# 1. Introdução

Luís Carlos Bonin e Sérgio Roberto Leusin de Amorim

O objetivo geral do Programa Habitare é contribuir para o avanço do conhecimento no campo da tecnologia de habitação, apoiando pesquisas na área de ciência e tecnologia que visam ao atendimento das necessidades de modernização do setor da Construção Civil e à produção de habitações de interesse social.

Para atingir seu objetivo, o Programa Habitare, além do apoio às pesquisas, realiza um projeto de divulgação dos principais resultados obtidos. Neste projeto de divulgação são utilizados diferentes meios de comunicação, com diferentes linguagens e direcionados para públicos específicos. Um destes meios de comunicação é a Coletânea Habitare, em que coordenadores dos projetos apoiados e suas equipes de colaboradores são convidados a produzir um conjunto de artigos relatando aspectos que julgam mais importantes para a apropriação dos resultados obtidos nas pesquisas.

A Coletânea Habitare é dividida em volumes que abordam temas correspondentes ao foco de mobilização da comunidade de pesquisa nas chamadas públicas do Programa. Este volume trata da Inovação Tecnológica.

“Criatividade é pensar coisas novas. Inovação é fazer coisas novas.”

Esta afirmação, provocativa em sua forma e conteúdo, é apresentada no sítio [www.londrinatecnopolis.org.br](http://www.londrinatecnopolis.org.br), e sua discussão é elucidativa para o entendimento do que é Inovação. Segundo esta visão, a Inovação está diretamente relacionada com uma transformação do ambiente de produção, seja pela introdução de um novo produto ou serviço, seja pela mudança de processos ou técnicas de gestão.

Certamente isso não reduz a importância do processo de criação de uma solução alternativa às práticas já conhecidas, mas coloca a Inovação como o resultado de um novo olhar sobre um produto ou processo tecnológico que cria uma solução alternativa e, necessariamente, da ação que efetivamente introduz esta solução alternativa no ambiente de produção. Esta ação dual, todavia, nem sempre está presente na prática da pesquisa tecnológica.

Se na pesquisa científica a concentração do foco de atenção no processo de criação é aceitável tendo em conta que a produção do conhecimento é direcionada ao aprofundamento da compreensão dos fenômenos investigados, na pesquisa tecnológica é necessária também a ação direta sobre o ambiente de produção, não como objeto de estudo mas como espaço de ação.

Na Inovação Tecnológica é necessária uma aproximação maior entre as equipes técnicas que criam uma nova solução tecnológica e o ambiente de produção onde esta nova solução será utilizada. Evidencia-se, desse modo, que fomentar a prosperidade e desenvolvimento de uma sociedade exige não apenas viabilizar a pesquisa e a criação de novas tecnologias mas também criar condições para o acesso e a efetiva implantação dessas novas tecnologias nos ambientes de produção. Este é o processo de transferência tecnológica, definido por Rogers (1995) como a troca de informação técnica entre a equipe de pesquisa e desenvolvimento que cria uma Inovação Tecnológica e os usuários da nova idéia.

A transferência tecnológica pode ser uma estratégia de Inovação compatível com a realidade de muitos ambientes de produção, carentes de novas soluções tecnológicas para aumentar a sua competitividade e sem uma infra-estrutura de pesquisa e desenvolvimento tecnológico capaz de criá-las, isto sob o ponto de vista de Rogers (1995), que define Inovação como uma idéia, prática ou objeto que é percebida como nova por alguém, pouco importando se ela é objetivamente nova, tendo em conta o espaço de tempo decorrido desde o seu descobrimento ou primeiro uso.

Esta definição é particularmente importante ao se destacar que a novidade não é uma característica intrínseca de uma idéia, prática ou objeto, mas está associada à percepção que algum sujeito tem dela. A Inovação pode acontecer, portanto, por meio da transferência tecnológica de uma solução inédita em um determinado ambiente de produção mas já conhecida e de uso consolidado em outros ambientes.

Dentro do escopo da Inovação Tecnológica cabe lembrar ainda a pesquisa e o desenvolvimento relacionados com os serviços especializados de suporte à Inovação, incluindo estudos relacionados com metrologia, normalização e regulamentação técnica, avaliação da conformidade e gestão da informação tecnológica, entre outros.

O aperfeiçoamento destas estruturas de serviços especializados de suporte à Inovação tem ganhado cada vez mais destaque nas estratégias de fomento ao desenvolvimento nacional, como é destacado por Grandó (2005):

Se a Tecnologia Industrial Básica já era essencial para a competitividade das empresas na era anterior à caracterizada pela economia do conhecimento, ela se torna mais vital hoje, quando o diferencial de competitividade dos países em escala global é conferido por sua capacidade de desenvolvimento tecnológico e inovação.

Neste volume da Coletânea *Habitare* são apresentados os resultados dos projetos relacionados com o tema Inovação Tecnológica, descritos a seguir.

· O projeto **Desenvolvimento de tecnologia para fabricação de telhas de fibrocimento**, realizado sob a coordenação do Prof. Holmer Savastano Júnior, teve por objetivo o desenvolvimento de uma nova tecnologia de produção de telhas de cimento reforçado com fibras de celulose e fibras sintéticas, utilizando o processo Hatschek modificado. Realizado em parceria com duas empresas de capital e tecnologia nacionais já presentes no mercado brasileiro, o projeto respondeu a uma demanda por uma nova tecnologia de produção de componentes de fibrocimento isentos de fibras de amianto, reconhecidas como nocivas à saúde humana. No relato dos resultados do projeto são descritos aspectos da formulação do compósito fibroso, da caracterização e seleção das fibras e da matriz cimentícia, da determinação das propriedades mecânicas, físicas e microestruturais do novo material e da comprovação do desempenho de componentes produzidos com o compósito. Embora não estejam detalhados neste relato publicado na Coletânea, são mencionadas pelos autores como presentes no escopo do projeto a formação de mão-de-obra qualificada para o setor produtivo e a assessoria tecnológica para a adaptação de uma linha industrial de produção utilizando o novo compósito desenvolvido.

· O projeto **Desenvolvimento de componentes de edificações em fibra de sisal-argamassa a serem produzidos de forma autogestionária**, realizado sob a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Suely da Silva Guimarães, teve por objetivo a pesquisa e a transferência de tecnologia para a utilização de compósitos de matrizes de argamassa reforçados com fibras de sisal na produção autogestionária de componentes para edificações, drenagem e irrigação. Neste projeto foi retomada pela Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da Universidade Estadual da Bahia (ITCP-UNEB) uma linha de pes-

quisa desenvolvida pelo CEPED na década de 80 a partir da demanda de uma cooperativa popular, a Cooperativa de Produção dos Jovens da Região do Sisal (COOPERJOVENS). O relato dos resultados obtidos pelo projeto mostra alguns aspectos do processo de mobilização da cooperativa, da pesquisa de componentes com potencial de comercialização no mercado regional e da pesquisa para a melhoria das propriedades do compósito e para o desenvolvimento dos componentes.

· O projeto **Sistema STELLA/UFSC: Avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social**, realizado sob a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Carolina Palermo Szucs, teve por objetivo a avaliação e o desenvolvimento de proposta construtiva em madeira de reflorestamento para a produção de habitações de interesse social. O projeto utilizou como referência o Sistema Stella Casa Pronta, produzido pela empresa Batistella e colocado no mercado para uma população de renda média a alta, procurando o seu barateamento sem perda de qualidade. No relato dos resultados obtidos são descritas as etapas para a produção de um protótipo de habitação com componentes de madeira de reflorestamento, construído dentro do Campus da UFSC com o sistema estudado no projeto. Um resumo das avaliações realizadas sobre o protótipo construído é apresentado abordando aspectos do desempenho do espaço construído e do processo de construção dos seguintes subsistemas: piso, parede, entrepiso, telhado, instalações elétricas e instalações hidráulicas.

· O projeto **Pesquisa e desenvolvimento de processos construtivos industrializados em cerâmica estrutural**, realizado sob a coordenação do Prof. Humberto Ramos Roman, teve por objetivo oferecer ao mercado soluções construtivas otimizadas na forma de

painéis cerâmicos pré-moldados, com a finalidade de contribuir para a melhoria da qualidade, redução dos desperdícios e custos, e aumento de produtividade e competitividade, tanto para o setor de produção de componentes cerâmicos quanto para o setor de construção. O relato apresenta uma descrição geral da tecnologia de pré-fabricação de painéis cerâmicos planos e curvos para a construção de paredes e coberturas de edificações, apontando suas vantagens potenciais, seguida da descrição de detalhes técnicos do projeto de um protótipo projetado e construído dentro do Campus da UFSC com essa tecnologia. Nesta descrição do protótipo são comentadas características do canteiro de produção dos painéis cerâmicos, e fotograficamente ilustrados detalhes da fabricação, movimentação, armazenamento e montagem dos painéis.

· O projeto **Alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos**, realizado sob a coordenação do Prof. Paulo de Tarso Cronemberger Mendes, teve por objetivo introduzir, na construção civil do Piauí, componentes estruturais cerâmicos para serem empregados na produção de conjuntos habitacionais e casas populares em alvenaria estrutural. Com base em uma parceria firmada com o Sindicato da Indústria Cerâmica do Estado do Piauí, o projeto utilizou resultados anteriores de caracterização dos produtos cerâmicos comercializados na região e dos processos produtivos onde eles eram empregados. O relato descreve inovações introduzidas na fabricação de blocos estruturais cerâmicos, a realização de cursos de qualificação de mão-de-obra na produção de alvenaria estrutural e a construção de protótipos de demonstração para o meio técnico local das características da tecnologia. Também são apresentados resultados do controle tecnológico realizado sobre blocos cerâmicos estruturais e sobre prismas de alvenaria produzidos com estes blocos em diferentes cantei-

ros de obras que demonstram a assimilação da inovação tecnológica pelo mercado local.

· O projeto **Construção de habitações de interesse social**, realizado sob a coordenação do Prof. José Mario Doleys Soares, teve por objetivo a construção de um protótipo de demonstração de cada uma das quatro tipologias definidas em estudo anterior sobre as características de conjuntos habitacionais construídos nas principais cidades das sete regiões que compõem o Estado do Rio Grande do Sul. O relato do projeto descreve os aspectos de racionalidade e compatibilidade com a tradição material regional associadas à escolha da utilização da alvenaria cerâmica estrutural como tecnologia construtiva, e é justificada a escolha da produção dos protótipos em regime de mutirão para demonstrar a viabilidade e as vantagens da tecnologia nesta forma de produção. Embora a avaliação das unidades construídas ainda esteja em desenvolvimento, é apresentada a discussão de uma série de detalhes construtivos interferentes na qualidade das habitações, assim como aspectos da documentação técnica produzida para orientar a construção.

· O projeto **Desenvolvimento de terminologia e codificação de materiais e serviços para construção**, realizado sob a coordenação do Prof. Sergio Roberto Leusin de Amorim, teve por objetivo o desenvolvimento de uma terminologia e de um sistema de codificação de materiais e serviços para construção, oferecendo uma base segura para o desenvolvimento de sistemas de apoio à gestão da produção, em especial para a gestão do conhecimento na construção. O relato do projeto apresenta uma justificativa da realização de estudos de terminologia e classificação dos materiais, serviços e equipamentos utilizados na indústria da construção como uma etapa fundamental para a consolidação do domínio técnico nesta área de conhecimento,

visando a facilitar a comunicação e, por conseqüência, o comércio e o controle da qualidade na produção. A partir da apresentação dos conceitos básicos adotados nos estudos desenvolvidos no projeto é descrita uma proposta de estrutura de classificação para os objetos relacionados com a produção do ambiente construído, e também um esquema de codificação dos objetos de forma coerente com esta estrutura de classificação.

· O projeto **Aproveitamento de cinzas residuais de mineração em construção**, realizado sob a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Janaíde Cavalcante Rocha, teve por objetivo desenvolver tecnologias apropriadas para reciclagem e aproveitamento de cinzas pesadas provenientes da queima do carvão mineral em usinas termelétricas e cinzas de casca de arroz empregadas como combustível em usinas beneficiadoras, para uso na produção de concretos usinados, argamassas e artefatos pré-moldados de concreto. Infelizmente, a coordenadora do projeto declinou do convite para relatar, nesta Coletânea, os resultados obtidos no estudo realizado.

Analisando o conjunto de relatos com os resultados obtidos pelos projetos do Programa Habitare relacionados com o tema Inovação Tecnológica, observa-se uma variedade de abordagens.

A característica marcante de um dos projetos foi o desenvolvimento de uma nova tecnologia e sua transferência para o setor produtivo, aumentando a competitividade de um mercado. Três projetos focalizaram sua ação no aperfeiçoamento de tecnologias já existentes no mercado e com potencial para ampliar sua utilização. Dois projetos concentraram-se na transferência de tecnologias com adaptações às condições locais. Um projeto voltou-se ao aperfeiçoamento da infra-estrutura tecnológica para o processo de construção.

A projeção destes projetos e seus resultados sobre a produção habitacional nacional mostra-se limitada, tendo em conta a amplitude de demandas do setor da construção civil, mas ações de fomento como as desenvolvidas pelo Programa Habitare representam uma efetiva superação da falta de tradição de interação no setor, permitindo que se vislumbre a perspectiva de um futuro com um número maior de ações de desenvolvimento e inovação tecnológica.

## Referências Bibliográficas

PROGRAMA LONDRINA TECNÓPOLIS. Disponível em:  
<[www.londrinatecnopolis.org.br](http://www.londrinatecnopolis.org.br)>. Acesso em: 29 jul. 2005.

GRANDO, F. L. M. Tecnologia industrial básica e inovação. Em: BRASIL – Ministério da Ciência e Tecnologia e outros. **Tecnologia industrial básica**: trajetória, desafios e tendências. Brasília: MCT; CNI; SENAI; IEL/NC, 2005.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 4. ed. New York: The Free Press, 1995.

**Holmer Savastano Junior** é engenheiro civil (1984), mestre (1987), doutor (1992) e livre-docente (2000) pela Universidade de São Paulo. No período de 1998 a 1999 esteve no Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Austrália, para pós-doutorado. Foi pesquisador visitante no período de 2002 a 2004 na Princeton University, EUA, e em 1996 na Universidad Central de Venezuela. Atualmente é professor titular da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. Atua nas áreas de materiais e componentes de construção, construções rurais e ambiência, com cerca de 100 publicações entre artigos completos em periódicos e anais de eventos, livros e capítulos de livros.

E-mail: holmersj@usp.br

**Vahan Agopyan** é engenheiro civil pela Escola Politécnica da USP, 1974; mestre em Engenharia Urbana e de Construções Civis, EPUSP, 1979; PhD (Civil Engineering), King's College London, 1982; livre docente em Materiais e Componentes de Construção Civil-USP, 1991. É professor titular em Materiais e Componentes de Construção Civil, EPUSP, desde 1994. Mais de 70 publicações completas em anais de congressos nacionais ou internacionais, capítulos de livros, livros e em periódicos, principalmente nos temas de materiais reforçados com fibras, aproveitamento de resíduos na construção e qualidade da construção. Em 2004, recebeu o Prêmio Eminent Engenheiro do Ano do Instituto de Engenharia (IE).

E-mail: vahan.agopyan@poli.usp.br

**Vanderley M. John** é engenheiro civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) em 1982; mestre em Engenharia pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil / NORIE - UFRGS, em 1987; doutor em Engenharia pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana da Escola Politécnica da USP, em 1995. Fez pós-doutorado no Royal Institute of Technology - HIG, Suécia, 2000-2001. É livre Docente pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 2000. Atua como docente do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, desde 1995.

E-mail: john@poli.usp.br

# 2.

## Tecnologia para o desenvolvimento de telhas de fibrocimento – CIM-CEL

Holmer Savastano Junior, Vahan Agopyan e Vanderley M. John

### Resumo

O principal objetivo desta pesquisa é desenvolver nova tecnologia de produção de telhas de cimento reforçado com fibras de celulose e plásticas, para produção de telhas pelo processo Hatschek modificado. A tendência internacional no mercado de construção civil é a de competição com base em novas tecnologias de compósitos. A construção civil brasileira, nos setores habitacional, industrial e agrícola, apresenta forte demanda para sistemas de baixo custo, com uso racional de mão-de-obra e redução de desperdícios. As fibras celulósicas constituem matéria-prima renovável e com aceitação internacional, há mais de 20 anos, em países como a Austrália e os EUA. Essas fibras são adequadas à produção em equipamentos Hatschek, com adaptações. A parceria da universidade com empresas de capital nacional é uma resposta a essa demanda por novos processos e produtos de cimento reforçado com fibras. É ainda a via para formação de mão-de-obra qualificada para o setor produtivo. Trata-se assim de vultoso investimento em tecnologia e equipamentos por parte das

15

indústrias, acompanhado de apoio estratégico e complementar, com suporte de agências de fomento para custeio da instituição de pesquisa envolvida: a Universidade de São Paulo. As principais etapas deste estudo englobam: a formulação do compósito fibroso, pela seleção e adequação das fibras e da matriz cimentícia; a assessoria na adaptação de uma linha industrial de produção do tipo Hatschek; a determinação das propriedades mecânicas, físicas e microestruturais do novo material; e a comprovação do desempenho aceitável dos componentes e da sua durabilidade.

## 1 Introdução

Fibras naturais como reforço de matrizes frágeis à base de materiais cimentícios têm despertado grande interesse por causa de seu baixo custo, disponibilidade, economia de energia e vantagens ambientais. Segundo Swamy (1990), o emprego dos compósitos em placas, telhas de cobertura e componentes pré-fabricados pode representar significativa contribuição para o rápido crescimento da infra-estrutura dos países em desenvolvimento.

Os países desenvolvidos foram os primeiros a substituir o amianto em compósitos à base de cimento. Esses países hoje produzem componentes de cimento reforçados com polpa celulósica. Tal tecnologia é consagrada e está associada a constantes aperfeiçoamentos de matérias-primas e de processos produtivos (COUTTS, 1992) adequados aos diferentes climas e utilizações regionais. Atualmente, estima-se que a produção mundial de compósitos cimentícios com reforço de fibras celulósicas, combinadas ou não a fibras plásticas, esteja ao redor de três milhões de toneladas por ano (HEINRICKS et al., 2000), produção essa localizada em grande parte nos EUA, Europa, Oceania e Ásia. Para se ter uma idéia da receptividade desse material, a participação dos fibrocimentos no mercado norte-americano de painéis verticais cresceu cerca de 45% na segunda metade da década de 1990, conforme apontado por Nisbet e Venta (2000).

Existem hoje restrições ao uso do amianto como reforço, em decorrência de potenciais riscos à saúde humana (HARRISON et al., 1999). No Brasil, coberturas de fibrocimento são as mais comuns em habitações de baixa renda, em razão do baixo custo em relação a outras soluções construtivas para telhado (LEE, 2000). Essa perspectiva torna necessário o aprimoramento de formulações de cimento reforçado com celulose, duráveis nas condições brasileiras e tecnicamente compatíveis com esse mercado consumidor, tanto para construções novas como para a manutenção de telhados existentes (mercado de reposição).

## 2 Justificativas

Apesar dos riscos e dos investimentos elevados, é fácil comprovar a necessidade de estudo como contribuição para o aprimoramento dos fibrocimentos no país, tendo por base as matérias-primas disponíveis, as linhas industriais existentes e as nossas peculiaridades climáticas.

### 2.1 Impacto científico

O uso de fibras naturais com matrizes à base de cimento para componentes de cobertura foi objeto de diversos trabalhos (SAVASTANO Jr., 2000; GUIMARÃES, 1990), que ainda não conseguiram resolver a contento problemas relacionados ao baixo desempenho mecânico e à durabilidade. A presente proposta traz a inovação de as fibras vegetais serem utilizadas como reforço na forma de polpa celulósica, em combinação com outras fibras igualmente atóxicas e adequadas às características produtivas da indústria nacional.

### 2.2 Impacto tecnológico

O impacto do projeto passa pelos seguintes tópicos:

a) adequação de processo industrial com base no modelo Hatschek de produção, que é o disponível nas indústrias nacionais; e

b) desenvolvimento de tecnologia nacional para atendimento ao mercado interno de fibrocimento, a partir da adaptação de processos já disponíveis.

### 2.3 Impacto social

Telhados de fibrocimento constituem solução de cobertura barata para habitações de interesse social, instalações rurais, galpões industriais e obras de infra-estrutura. As indústrias brasileiras de produtos de fibrocimento geram cerca de 10 mil empregos diretos e de 200 mil empregos indiretos, segundo a Associação Brasileira das Indústrias e Distribuidores de Produtos de Fibrocimento (ABIFibro). As fibras celulósicas e poliméricas não representam qualquer risco à saúde humana, ao longo das diversas etapas do ciclo de vida do material, desde a obtenção da fibra, produção do fibrocimento, instalação e uso, até a possível demolição da construção.

### 2.4 Impacto ambiental

As fibras celulósicas advêm de fonte renovável e são obtidas a partir de madeira de reflorestamento ou de plantas fibrosas abundantes em regiões de clima tropical. Cimentos compostos (com adições de material carbonático, escória de alto-forno e pozolanas) permitem a redução no uso de clínquer, com a conseqüente diminuição da energia gasta nos fornos rotativos das fábricas de cimento e na geração de CO<sub>2</sub>, o que vem a reforçar a importância da reciclagem de resíduos (JOHN; ZORDAN, 2001). A substituição do amianto, na fabricação de compósitos, por fibras que não apresentam risco à saúde ocupacional é também um benefício importante.

## 3 Objetivo do trabalho

Oferecer propostas de substituição do amianto em fibrocimentos para o Brasil, por meio de nova tecnologia de produção de telhas onduladas de cimento reforçado com fibras de celulose, associadas a fibras plásticas, pelo processo Hatschek modificado.

Busca-se assim a adaptação de processo produtivo hoje empregado pela maioria das empresas do segmento de fibrocimento do Brasil. No novo processo, as fibras celulósicas promovem o reticulado fibroso necessário à formação da manta cimentícia, e as fibras artificiais incrementam o desempenho mecânico do compósito. Tal evolução tecnológica levará ao direcionamento de produtos já consagrados em países desenvolvidos, tendo em vista construções de interesse social requeridas pelo mercado interno.

## 4 Trabalho experimental

A fase experimental envolve a simulação, em pequena escala laboratorial, dos processos de preparo das fibras celulósicas, homogeneização do compósito, sucção do excesso de água e prensagem. Tal procedimento possibilita testar grande variedade de matérias-primas e teores de fibra, com agilidade e baixos custos. As melhores formulações são submetidas aos testes nas linhas industriais, após sofrerem os devidos ajustes para operação sem amianto.

Podem ser destacadas as seguintes atividades:

- a) caracterização das matérias-primas;
- b) formulação do compósito fibroso em escala laboratorial e industrial e determinação do seu desempenho físico e mecânico;
- c) implementação de métodos de controle industrial, na produção de caixas d'água e telhas onduladas;
- d) comprovação da durabilidade, por meio de ensaios de envelhecimento natural e acelerado;
- e) estudo de patologias em telhas onduladas; e
- f) divulgação de resultados.

A caracterização das matérias-primas incluiu as fibras sintéticas (polivinil álcool – PVA e polipropileno – PP), as polpas celulósicas e as adições minerais da matriz cimentícia. No estudo das formulações destina-

das a telhas, foi avaliado o efeito combinado dos teores de fibras de PVA e de celulose.

Também foi observado o desempenho físico e mecânico de compósitos com utilização de pozolanas (sílica ativa e metacaulim). Como atividade complementar, foram caracterizadas telhas onduladas sem amianto disponíveis no mercado, com o objetivo de atestar suas propriedades físicas e mecânicas, bem como para ajuste dos equipamentos disponíveis nos laboratórios das equipes executoras.

## 5 Resultados

### 5.1 Caracterização das matérias-primas

Seguem as principais propriedades físicas e mecânicas dos materiais utilizados para produção dos compósitos em escala laboratorial do experimento. Foram exploradas as variáveis associadas às fibras quanto ao tipo, à procedência, ao preparo inicial (refino, para o caso da polpa celulósica) e aos teores.

#### 5.1.1 Fibras de celulose com diferentes níveis de refino

Foram utilizadas polpas de fibra longa de *Pinus* do Brasil e do Chile, além de uma polpa de celulose de eucalipto proveniente do Brasil. As polpas foram hidratadas por, no mínimo, 24 h e, em seguida, submetidas à agitação para completa individualização das fibras. Com auxílio de um vídeo microscópio computadorizado (analisador de imagens), foram medidas 100 fibras para cada amostra de polpa. Na mensuração das fibras, determinaram-se o comprimento, o diâmetro da fibra e a espessura da parede celular. As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados das análises das fibras empregadas no processo. Tais análises foram realizadas no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, MG.

Após a hidratação do material fibroso, as análises de comprimento médio, número de fibras por grama, *coarseness* e teor de finos das polpas foram realizadas em equipamento Galai CIS-100. O refino das polpas foi avaliado experimentalmente pela determinação do grau de drenabilidade Schopper Riegler ( $^{\circ}$ SR).

Amostra	Comprimento (mm)			Espessura ( $\mu$ m)		
	Média	D. P.	C.V. (%)	Média	D. P.	C.V. (%)
<i>Pinus</i> Brasil 0 <sup>b</sup>	3,425	0,851	24,843	10,065	2,762	27,445
<i>Pinus</i> Brasil 7000	3,262	0,462	14,152	9,398	2,698	28,708
<i>Pinus</i> Chile 0	3,251	0,710	21,857	7,894	2,276	28,837
<i>Pinus</i> Chile 8000	2,871	0,526	18,326	6,796	1,675	24,642
Eucalipto 0	0,969	0,167	17,232	5,693	1,220	21,421
Eucalipto 4500	0,963	0,141	14,828	5,426	1,233	22,728

<sup>a</sup> Comprimento das fibras inteiras, sem quebras e sem defeitos em sua estrutura.

<sup>b</sup> O número que acompanha a procedência da amostra indica o número de revoluções do moinho PFI (refinador de laboratório) a que a polpa foi submetida.

Tabela 1 - Análise morfológica das fibras em vídeo microscópio

Amostra	$^{\circ}$ SR	Coarseness (mg/100 m)	N $^{\circ}$ de fibras/g (milhões)	Comprimento médio (mm)	Teor de finos (%)
<i>Pinus</i> Brasil 0 <sup>a</sup>	13,0	42,80	1,36	1,72	8,06
<i>Pinus</i> Brasil 7000	70,0	11,56	6,99	1,24	25,28
<i>Pinus</i> Chile 0	13,0	32,73	1,65	1,85	9,11
<i>Pinus</i> Chile 8000	66,0	11,30	7,25	1,22	48,94
Eucalipto 0	19,0	6,92	20,58	0,70	10,97
Eucalipto 4500	69,0	5,77	25,69	0,68	10,95

<sup>a</sup> O número que acompanha a procedência da amostra indica o número de revoluções do moinho PFI (refinador de laboratório) a que a polpa foi submetida.

Tabela 2 - Análises de comprimento, *coarseness*, número de fibras por grama da polpa e teor de finos das amostras do material fibroso

### 5.1.2 Fibra de PVA

O polivinilálcool (PVA) é um polímero sintético com estrutura  $(-\text{CH}_2\text{CHOH}-)_n$ . É produzido industrialmente pela hidrólise do polivinilacetato, pois o monômero álcool vinílico ( $\text{CH}_2\text{-OH}$ ) não é estável e, portanto, não pode ser polimerizado. O grupamento OH da estrutura química tem alta afinidade química com materiais à base de cimento. As fibras de PVA apresentam as seguintes características: moderada solubilidade em água; elevada tenacidade; e boa resistência ao ambiente alcalino, ao envelhecimento e ao ataque por agentes biológicos. Essas são características fundamentais para as fibras de PVA usadas como reforço dos cimentos.

Seguem informações técnicas das fibras de PVA, segundo o fabricante japonês: comprimento de corte de 6 mm, diâmetro de 14  $\mu\text{m}$ , tenacidade igual a 1,5 GPa, módulo de Young de 36 GPa, alongação na ruptura de 7,2% e densidade a 20 °C igual a 1,3 g/cm<sup>3</sup>.

### 5.1.3 Sílica ativa

A caracterização da sílica ativa inclui os seguintes componentes (concentração em %): SiO<sub>2</sub> (91,2), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,22), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,56), Na<sub>2</sub>O (0,25), K<sub>2</sub>O (0,68), CaO (0,22), H<sub>2</sub>O (0,30) e perda ao fogo (1,30). Em relação à distribuição de partículas, observaram-se: (a) distribuição estreita de tamanho de partículas e (b)  $\overline{\phi}_{\text{Médio}} = 1,0 \mu\text{m}$ . Cerca de 90% das partículas apresentam diâmetro esférico equivalente ou inferior a 1,9  $\mu\text{m}$ .

### 5.1.4 Cimento Portland

Empregou-se cimento Portland CP-I com densidade igual a 3,14 g/cm<sup>3</sup>. As propriedades foram fornecidas pelo fabricante (Tabela 3).

Item		Média	Desvio	Mínimo	Máximo
Material retido # 200	%	1,74	0,21	1,30	2,00
Material retido #325	%	12,11	0,99	9,80	13,60
Blaine	cm <sup>2</sup> /g	3659	74	3520	3760
Água de consistência	%	26,22	0,20	25,80	26,60
Início de pega	h:min	4:32	0:19	3:50	5:10
Fim de pega	h:min	5:42	0:19	5:00	6:20
Expansibilidade a quente	mm	0,30	0,34	0,00	1,00
Resistência 1 dia <sup>a</sup>	MPa	20,70	1,23	18,50	22,50
Resistência 2 dias	MPa	32,47	0,79	31,40	34,30
Resistência 7 dias	MPa	37,49	0,72	36,30	39,00
Resistência 28 dias	MPa	43,23	1,35	39,90	45,70

<sup>a</sup> Resistência à compressão axial.

Tabela 3 - Propriedades gerais do cimento Portland

## 5.2 Estudo das formulações de fibrocimento em escala laboratorial

### 5.2.1 Composições

Seguem, na Tabela 4, a seguir, as variáveis de estudo consideradas.

### 5.2.2 Análise de resultados

Foi realizada uma análise estatística de regressão. Considerou-se um planejamento fatorial com seis variáveis independentes (item 5.2.1) de interesse. As Tabelas 5 e 6 apresentam a tendência das propriedades mecânicas do compósito em relação ao efeito das diversas variáveis envolvidas, nas situações estatisticamente significativas (nível de significância de 5%).

A Figura 1 apresenta a interação entre as variáveis 2 (porcentagem de fibra sintética) e 4 (grau de refino das fibras celulósicas longas). O aumento do teor de fibras sintéticas e o maior grau de refino das fibras longas pro-

porcionaram compósitos com maior módulo de ruptura. Observou-se maior sensibilidade  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$  para compósitos que contêm fibras longas de celulose refinadas. O maior grau de refino deve estar associado à fibrilação mais pronunciada dos filamentos, o que leva à maior ancoragem das fibras na matriz cimentícia.

Variáveis	Categorias
Variável 1 (discreta) - fornecedor de fibra sintética (FS)	Fornecedor J (Japão) Fornecedor C (China)
Variável 2 (contínua) - fração de fibra (porcentagem em massa da variável 1)	Mínimo: 1,2% Máximo: 2,4%
Variável 3 (discreta) - Fibra longa (FL)	Fabricante A ( <i>Pinus</i> Chile): teor de lignina mais baixo (Kappa 30) Fabricante B ( <i>Pinus</i> Brasil): teor de lignina mais alto (Kappa 40)
Variável 4 (contínua) - refino da polpa celulósica de fibra longa (tratamento dado às fibras da variável 3)	Sem refino (SR): sem tratamento Refino máximo (RM): ponto de máximo na curva de refino
Variável 5 (contínua) - fração de fibra longa (porcentagem em massa da variável 3 com tratamento da variável 4)	Mínimo: 1,2% (complemento para 4% será com fibra curta) Máximo: 4%
Variável 6 (contínua) - refino da polpa celulósica de fibra curta de eucalipto	Sem refino (SR): sem tratamento Refino máximo (RM): ponto de máximo na curva de refino

Tabela 4 - Variáveis do estudo de formulações

Variáveis	Efeitos	Resultados preferenciais
Origem	$MOR_J > MOR_C$	Japão
% fibra sintética	$MOR_{2,4} > MOR_{1,2}$	2,4% FS
Grau de refino (FL)	$MOR_{RM} > MOR_{SR}$	Refino máximo (RM)
% fibra longa	$MOR_{1,2} > MOR_{4,0}$	1,2% FL

Tabela 5 - Efeito das variáveis em estudo no módulo de ruptura (MOR)

Variáveis	Efeitos	Resultados preferenciais
Origem	$T_j > T_c$	Japão
% fibra sintética	$T_{2,4} > T_{1,2}$	2,4% FS
% fibra longa	$T_{1,2} > T_{4,0}$	1,2% FL
Refino fibra curta	$T_{SR} > T_{RM}$	Sem refino (SR)

Tabela 6 - Efeito das variáveis em estudo na tenacidade do compósito

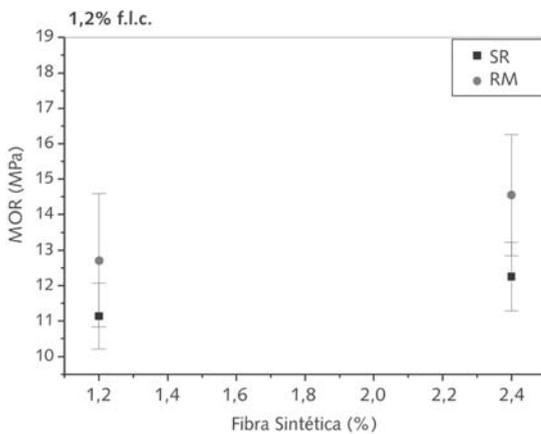


Figura 1 - Módulo de ruptura dos compósitos em função do teor de fibras sintéticas (1,2% de polpa celulósica de fibra longa com e sem refino)

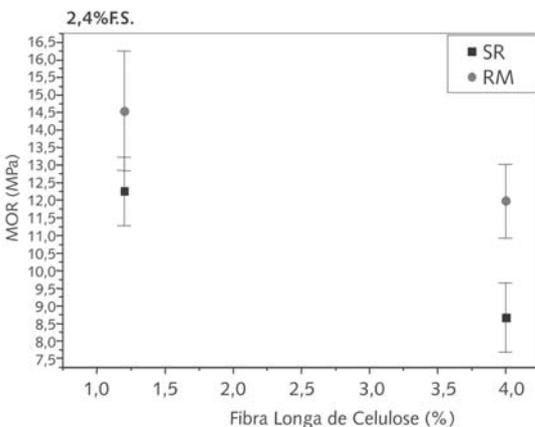


Figura 2 - Módulo de ruptura dos compósitos em função do teor de fibras longas de celulose para diferentes graus de refino

De acordo com a Figura 2 e com a Tabela 5, pode-se inferir que o aumento do teor de polpa celulósica de fibras longas provocou a alteração significativa do módulo de ruptura dos compósitos. O aumento da porcentagem de fibras longas de celulose acarretou diminuição do módulo de ruptura.

Em relação à Tabela 6, o aumento do teor de fibras celulósicas longas resultou em redução significativa da energia específica para compósitos que contêm 2,4% de fibras sintéticas.

Conforme se observa na Figura 3, compósitos com 2,4% de fibras sintéticas apresentaram maior tenacidade. A distribuição homogênea das fibras impede o crescimento de trincas e conduz à formação de múltiplas microtrincas secundárias.

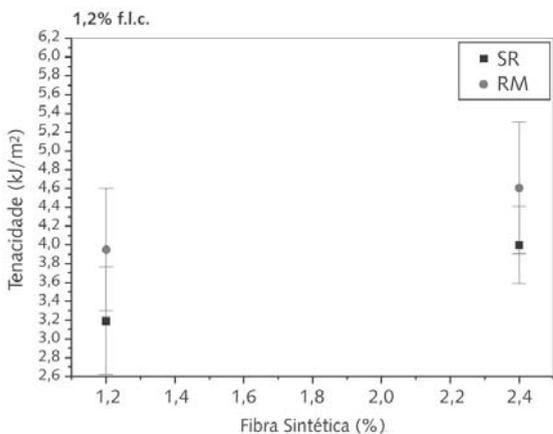


Figura 3 - Tenacidade dos compósitos em função do teor de fibras sintéticas para diferentes graus de refino da fibra celulósica longa

O aumento do teor de fibras longas de celulose resultou redução apreciável da tenacidade. Essa redução pode estar relacionada à distribuição heterogênea das fibras na matriz ou à diminuição da densidade aparente dos compósitos. A Figura 4 mostra que a variação da tenacidade em relação ao teor de fibras longas é mais sensível para compósitos que empregam fibras longas de celulose não refinadas. O papel principal das fibras de celulose no processamento é reter partículas finas ( $<70 \mu\text{m}$ ). O aumento do teor de fibras

longas de celulose pode ter provocado a estratificação das fibras na matriz, com a conseqüente queda acentuada da tenacidade.

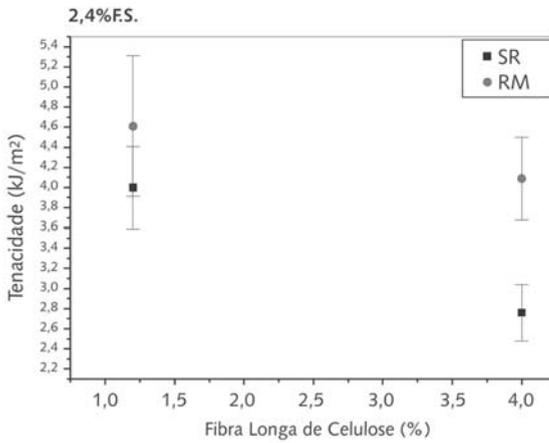


Figura 4 - Tenacidade dos compósitos em função do teor de fibras de celulose para diferentes graus de refino

O aumento do teor de fibras sintéticas provocou a abertura de capilares na matriz e, conseqüentemente, aumentou a porosidade aparente e a absorção d'água. De acordo com a Figura 5, o aumento do teor de fibras sintéticas e a utilização de fibras longas sem refino contribuíram para maiores valores de absorção d'água.

A Figura 6 apresenta a distribuição dos tamanhos dos poros de formulação com 2% de fibra de PVA e 4% de polpa celulósica, sem envelhecimento e após a realização de 100 ciclos de imersão e secagem (2 h e 50 min de imersão em água, 2 h e 50 min de secagem a  $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , intercalados com intervalos de 10 min). Os ciclos de imersão e secagem alteraram as distribuições dos tamanhos dos poros do fibrocimento. Observa-se a redução dos picos nos diâmetros próximos de 40 nm, provavelmente em razão da carbonatação e da hidratação da matriz. Resultados semelhantes foram obtidos por Matsusato et al. (1992), que estudaram os efeitos da carbonatação na estrutura dos poros de materiais à base de cimento Portland. O volume de poros maiores que 10.000 nm é diminuído após a realização dos ciclos, também por conta da carbonatação e da hidratação da matriz.

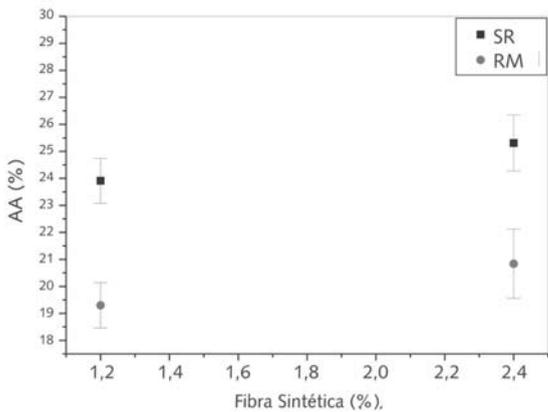


Figura 5 - Absorção d'água em função do teor de fibras sintéticas para diferentes graus de refino da fibra longa de celulose

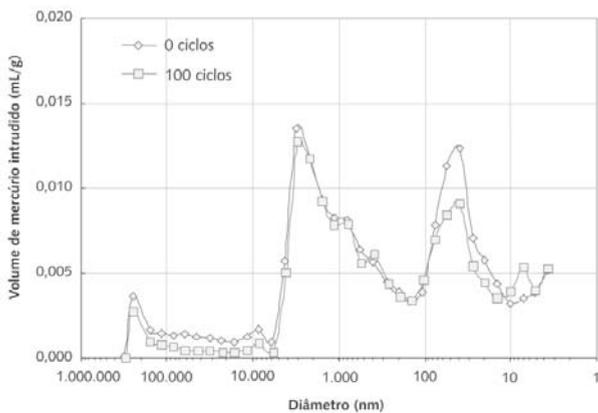


Figura 6 - Distribuição dos tamanhos dos poros



Figura 7 - MEV. Vista geral de fibrocimento com arrançamento de fibras sintéticas



Figura 8 - MEV. Detalhe de fibras sintéticas (mais escuras) e celulósicas (mais claras)

As Figuras 7 e 8 trazem imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV), que ilustram a superfície de fratura de matriz de cimento com reforço de fibras sintéticas e de polpa de celulose. Nota-se o predomínio do arrancamento das fibras (Figura 7), bem como incrustações da matriz na superfície das fibras sintéticas (Figura 8), o que é um claro indício da boa aderência entre fases.

### 5.2.3 Conclusões parciais

O emprego de fibras sintéticas de origem japonesa resultou compósitos com melhor desempenho mecânico. O aumento do teor de fibras sintéticas de PVA contribuiu para a melhora sensível da tenacidade e do módulo de ruptura dos compósitos. Serão enfatizados testes com níveis intermediários de PVA entre 1,2% e 2,4% na próxima etapa experimental.

As variáveis 3 “Fornecedor de fibra longa” e 6 “Grau de refino da fibra curta de celulose” não acarretaram mudanças sensíveis nas propriedades físicas e mecânicas dos compósitos de fibrocimento. O aumento do teor de fibras longas de celulose não resultou melhora no desempenho mecânico dos compósitos. Dessa forma, a utilização de 1,2% de fibras longas deve ser preferida. O grau de refino das fibras longas provocou alterações significativas em termos de comportamento mecânico dos compósitos. Níveis intermediários de intensidade de refino devem ser testados.

### 5.3 Telhas comerciais

Foram realizados alguns ensaios de caracterização em telhas sem amianto disponíveis no Brasil, na Itália (uma telha ondulada e outra com perfil Veneza) e na África do Sul. A telha brasileira apresentou delaminação (separação entre as camadas que compõem o produto obtido pelo processo Hatschek). Isso ocorreu no momento do corte a úmido dos corpos-de-prova, em que a telha tocou a parte superior da serra, que promoveu uma leve compressão naquela. O resultado pode ser visto na Figura 9.

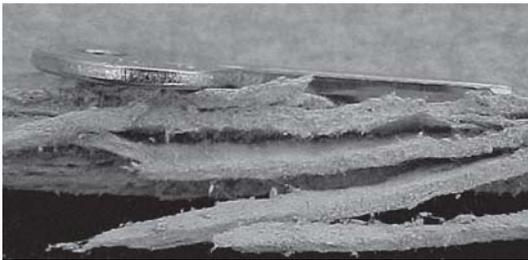


Figura 9 - Delaminação de telha comercial de fibrocimento sem amianto

No ensaio de permeabilidade, segundo a norma NBR 5642, as telhas fabricadas no Brasil e na África do Sul apresentaram mancha (Figura 10), o que indica a passagem de água, porém sem a formação de gotas. As telhas italianas não apresentaram manchas.

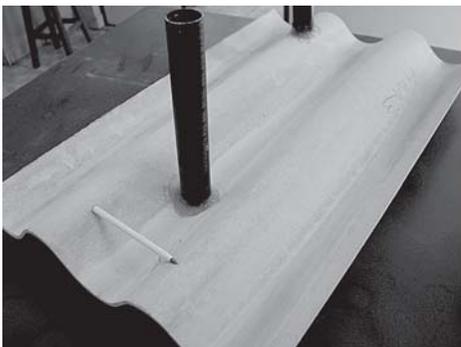


Figura 10 - Mancha na superfície inferior da telha de fibrocimento sem amianto, causada pela passagem de água

Densidade, porosidade aparente e absorção de água foram avaliadas conforme a norma NBR 6470. Os resultados seguem na Tabela 7, em que LSC é o limite superior, e LIC, o limite inferior, obtidos pela distribuição de Student, com grau de confiança 0,95.

	Absorção de água (% em massa)		Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )		Porosidade aparente (% em volume)	
	s/amianto	c/amianto	s/amianto	c/amianto	s/amianto	c/amianto
LSC	22,34	23,25	1,57	1,61	34,62	37,28
LIC	21,85	22,91	1,54	1,60	34,08	36,84

Tabela 7 - Propriedades físicas da telha de fibrocimento nacional sem amianto versus com amianto

Para os ensaios mecânicos, foi utilizado um sistema de quatro cutelos (do tipo L/3) com vão livre de 135 mm. As amostras não romperam depois de submetidas a deflexão (flecha) de 10 mm, o que representa, para uma telha de 6 mm de espessura, deformação específica de 0,0155 na camada inferior do material. Nesse ponto, o ensaio foi encerrado, por medida de segurança, para não danificar o extensômetro. Apesar de não se detectarem trincas na superfície, em muitos casos, a região ensaiada (que sofreu o máximo de deflexão) não retornou às condições originais depois do alívio da carga. A peça permanecia íntegra exteriormente, porém notava-se que a matriz cimentícia não apresentava mais a mesma rigidez. A hipótese mais razoável para isso é o microtrincamento, no interior da matriz e talvez na sua superfície (trincas não visíveis a olho nu), levando à falsa impressão de ductilidade do material, uma vez que não se trata de deformação plástica.

Como o quesito mais importante até o momento é a resistência mecânica, optou-se por essa propriedade para comparação entre os diferentes produtos com amostras à disposição. Os resultados estão na Tabela 8 e deixam clara a superioridade do produto fabricado pela empresa italiana, que tem desempenho mecânico superior ao da telha de amianto brasileira.

Esta última tem fratura frágil e a tensão máxima é a mesma do início de formação de trinca. A telha proveniente da Itália, além de possuir resistência à ruptura superior, apresenta tenacidade à fratura elevada. O produto em questão foi confeccionado com prensagem e com fibra de PVA. A telha fabricada no Brasil é moldada com fibras de PVA, porém sem prensagem. Fica assim evidente a importância da etapa de prensagem para que o produto obtenha aumento na resistência mecânica. Segundo informação do fabricante, o produto da África do Sul é feito sem PVA e provavelmente com autoclave, com desempenho similar ao produto brasileiro.

Origem	Brasil	Itália formato Veneza	Itália ondulada	África do Sul (s/ PVA)	Brasil cimento-amianto
	Tensão de início de trinca (MPa) em flexão a quatro pontos				
Média	7,62	20,02	18,30	7,93	19,45
LSC	7,90	20,55	18,79	8,18	20,02
LIC	7,34	19,49	17,81	7,67	18,88

LSC = limite superior com grau de confiança de 0,95.

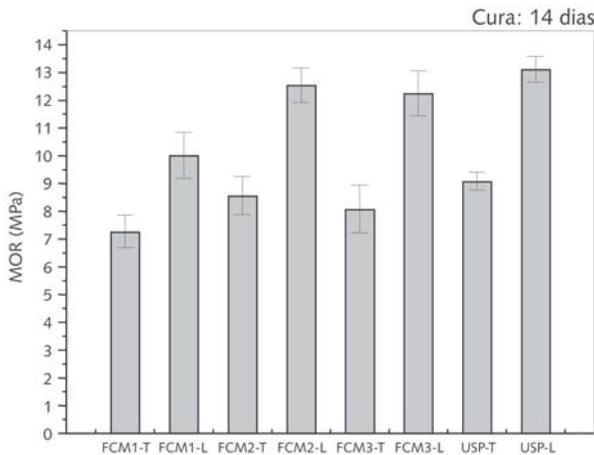
LIC = limite inferior com grau de confiança de 0,95.

Tabela 8 - Desempenho mecânico de diversas amostras retiradas de telhas

A Figura 11 traz resultados de módulo de ruptura (ensaio de flexão com quatro pontos) de amostras retiradas de placas fabricadas nos testes em escala industrial pelo processo Hatschek, por empresa parceira do presente projeto. Os ensaios foram realizados aos 14 dias após cura úmida. Essa é a idade aproximada de expedição dos produtos pela empresa. Foram, ao todo, quatro formulações de fibrocimento com reforço de fibra sintética de PVA e polpa celulósica refinada, com base nos estudos apresentados no item 5.2. Percebe-se maior resistência no sentido longitudinal das placas, que é resultado do alinhamento parcial das fibras pelo processo produtivo.

Com o intuito de se testar o envelhecimento das telhas comerciais, empregou-se o procedimento de ensaio apresentado no item 7.3.5 da norma européia EN-494 para amostras da telha brasileira sem amianto. Esse ensaio é chamado de imersão/secagem e consiste em ensaiar 20 corpos-de-prova após 50 ciclos. Cada ciclo compreende 18 h de imersão em água à temperatura ambiente seguida de 6 h em estufa a 60 °C. Os corpos-de-prova foram rompidos depois dos 50 ciclos e após imersão em água por pelo menos 24 h. Outros 50 corpos-de-prova foram deixados em ambiente de laboratório e rompidos saturados.

A norma EN-494 preconiza que o valor de R na equação 1 seja igual ou superior a 0,7.



$$R = \frac{L_2}{L_1} \tag{1}$$

onde:

$L_1$  = média da resistência dos corpos-de-prova não envelhecidos

(+) 0,58 (x) o desvio padrão dos resultados; e

$L_2$  = média da resistência dos corpos-de-prova envelhecidos

(-) 0,58 (x) o desvio padrão dos resultados.

Figura 11 - Módulo de ruptura de amostras retiradas de quatro formulações sem amianto das telhas do projeto aos 14 dias de idade (direções: transversal = T; longitudinal = L)

R foi igual a 1,11 para os corpos-de-prova ensaiados. Para o cálculo, foram utilizados os valores de tensão elástica (tensão para a qual ocorre o

desvio da reta elástica) em ambos os casos, que equivale aproximadamente ao ponto de formação da primeira trinca. O valor de R superior à unidade ( $R > 1$ ) indica que houve melhora de resultado dos corpos-de-prova que foram submetidos ao ensaio cíclico, o que pode ser interpretado como ineficiência do método de ensaio em prever o envelhecimento dos corpos-de-prova no ambiente. Uma piora observada no desempenho é que, após os 50 ciclos, os corpos-de-prova apresentaram maior dispersão de resultados.

#### 5.4 Estudo de caixas d'água

O objetivo deste trabalho foi avaliar a substituição do amianto por uma combinação de fibras de PVA e polpa celulósica (fibras virgens e recicladas), como reforço de matriz à base de cimento Portland, para caixas d'água em escala industrial de produção. O método de produção da caixa d'água consiste na homogeneização das matérias-primas: (a) polpas celulósicas residuais de papel jornal (pasta mecânica, comprimento médio da fibra = 0,47 mm) e da indústria papelreira (comprimento médio da fibra = 0,37 mm, com 60% de carga mineral na base seca); (b) fibras sintéticas de álcool polivinílico (PVA), com 6 mm de comprimento, importadas da China; (c) cimento Portland CII F (ABNT NBR 11578); (d) material carbonático com a composição (teores em massa) de 42% de CaO, 3% de MgO, 15% de SiO<sub>2</sub>, 35% de perda ao fogo e 22% de resíduo insolúvel (ABNT NBR 5743 e ABNT NBR 9203); e (e) água potável para amassamento. A proporção em massa de cimento e material carbonático foi igual a 3 para 1 em massa. O teor total de fibras variou entre 4% e 5% da massa de material seco da matriz. As formulações foram desenvolvidas por empresa parceira de capital nacional, produtora de fibrocimento, que detém sua propriedade industrial. O processo de fabricação industrial baseia-se no método conhecido como Magnani modificado, segundo o qual a caixa d'água é formada pela rotação de um molde, com retirada do excesso de água por sucção a vácuo

e conformação lateral e do fundo por meio de roletes. Algumas amostras são preenchidas com água e permanecem assim por 96 h, para observação da ocorrência de manchas ou vazamentos. A avaliação do desempenho, na condição endurecida, ocorreu por amostragem, antes da expedição das caixas (idade aproximada de 14 dias), e foi composta dos seguintes ensaios físicos: permeabilidade (ABNT NBR 13858-2), densidade aparente, absorção de água e porosidade aparente (ABNT NBR 9778). O desempenho mecânico foi avaliado por ensaio de flexão com dispositivo de três cutelos (vão inferior de 100 mm), com o emprego de corpos-de-prova na condição saturada com superfície seca.

No ensaio de permeabilidade, os corpos-de-prova não apresentaram qualquer tipo de marca de umidade na superfície inferior, após terem o lado oposto submetido a coluna d'água de 250 mm de altura e 35 mm de diâmetro, por 24 h. O mesmo resultado de comprovação de estanqueidade foi obtido ao se preencherem os reservatórios com água, durante o processo de cura, uma vez que não foram observados vazamentos. Coube à equipe de pesquisadores a avaliação do produto e o estudo dos fatores mais relevantes nas composições. Como a fibra plástica possui preço elevado, era de grande interesse da indústria a determinação da quantidade adequada de fibra que otimizasse o desempenho mecânico do compósito. Os resultados seguem na Tabela 9. Para efeito de comparação, foram realizados ensaios mecânicos e físicos de amostras de caixas d'água comerciais com reforço de amianto. Existe um teor ótimo de fibra de PVA que maximiza a resistência mecânica. A identificação desta região de trabalho possibilitou um produto de bom desempenho mecânico e a custo aceitável. São empregadas fibras celulósicas e não está sendo desperdiçada uma matéria-prima importada e de elevado valor. Os resultados das propriedades físicas dos compósitos alternativos foram muito próximos daqueles do cimento-amianto. A densidade mais baixa para compósito com 1,80% de fibra de PVA pode ser de interesse do

ponto de vista de transporte, uma vez que está associada ao menor peso do produto. Apesar da presença de fibras vegetais, conhecidas pela sua elevada higroscopicidade (AGOPYAN et al., 2000), a absorção de água das formulações com PVA foi bem próxima à do produto com amianto.

Fibra de reforço	Teor (%) <sup>a</sup>	Resistência à flexão (MPa)	Porosidade aparente (%)	Absorção de água (%)	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )
PVA	1,24	11,32 (0,79) <sup>b</sup>	28,75 (0,74)	17,87 (0,52)	1,609 (0,018)
PVA	1,49	12,43 (1,46)	28,74 (1,27)	17,32 (1,31)	1,663 (0,066)
PVA	1,80	9,51 (0,73)	30,16 (0,75)	19,94 (0,86)	1,514 (0,055)
Amianto	8	17,99 (0,80)	30,41 (0,97)	18,27 (0,85)	1,665 (0,030)

<sup>a</sup> Teor de fibra em relação à massa total

<sup>b</sup> Desvios padrão entre parênteses

Tabela 9 - Propriedades mecânicas e físicas para compósitos com diferentes teores de fibra

Séries de corpos-de-prova prismáticos foram submetidas ao teste de imersão em água quente a  $(60 \pm 2) ^\circ\text{C}$  (ISO 9933), prolongado até 365 dias, bem como ao teste de imersão/secagem para envelhecimento acelerado por fadiga (ISO 9933). Essa foi uma tentativa de avaliar a durabilidade da caixa d'água, que é normalmente utilizada apenas para armazenagem de água fria.

A Figura 12 mostra o desempenho, antes e após envelhecimento acelerado, do fibrocimento com 1,49% de fibra de PVA, que foi a formulação alternativa com o melhor desempenho no curto prazo (Tabela 9). As amostras apresentaram tendência de estabilização da resistência à tração na flexão ao longo do processo de envelhecimento. Esses resultados são consistentes com aqueles propostos por Lhoneux et al. (2002) em um estudo de durabilidade de fibras de PVA em produtos de fibrocimento. Esse trabalho prévio submeteu as placas de fibrocimento aos testes de água quente e ciclos de imersão/secagem em um ambiente rico em CO<sub>2</sub> sem alteração das propriedades mecânicas e físicas.

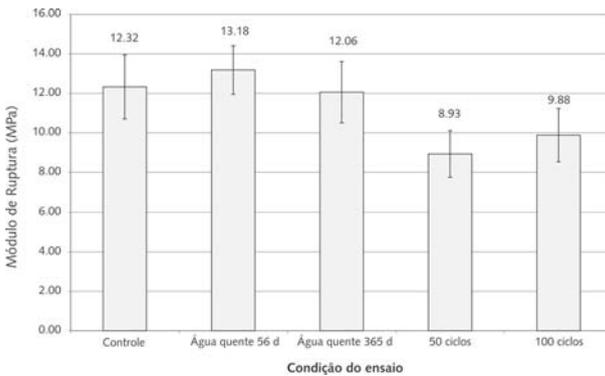


Figura 12 - Resistência à tração na flexão do compósito com 1,49% de fibra de PVA durante exposição a ensaios de envelhecimento acelerado

## 6. Considerações adicionais

O desenvolvimento de fibrocimento sem amianto deve confrontar-se com desafios tecnológicos diversos e de grande complexidade. A escolha de matérias-primas precisa observar o comportamento aceitável das fibras nas matrizes cimentícias, as adições minerais como substitutas parciais do cimento Portland, a disponibilidade no mercado nacional e a relação entre benefício e custo favorável. Grande parte do desenvolvimento de formulações eficazes pode ser realizada em pequena escala laboratorial, conforme demonstrado no item 5.2 deste trabalho. A combinação de fibras celulósicas de *Pinus* e eucalipto, em proporções adequadas, possibilitou melhoria significativa na resistência à flexão e na tenacidade do compósito. O refino da polpa celulósica de *Pinus* foi decisivo para a retenção do material cimentício durante a drenagem de água no processo Hatschek, bem como para a homogeneidade e a compacidade do fibrocimento obtido. As telhas onduladas comerciais com reforço de fibras de PVA, produzidas sem prensagem e curadas ao ar, apresentam, com frequência, problemas relacionados à permeabilidade e à delaminação. Esse desafio pode ser superado no médio prazo por meio de ajustes nas formulações e nas variáveis envolvidas no processo industrial, tais como: uso de flocculantes; espessura das películas produzidas no processo Hatschek; e pressão aplicada à manta recém-fabricada. O aprimoramento do fibrocimento com reforço de polpa celulósica e fibras sintéticas pode incluir outras utilizações, como é o caso dos

reservatórios de água, já em fase de produção industrial pelas empresas parceiras deste projeto, por meio do processo Magnani modificado. No futuro, espera-se que a indústria nacional de fibrocimento expanda sua linha de produtos, tais como placas planas para forros e divisórias, telhas de pequenas dimensões e elementos de fachada. Além das técnicas produtivas apropriadas, o sucesso dos fibrocimentos sem amianto depende igualmente da regulamentação desses novos produtos pelos organismos governamentais, bem como de um conjunto de normas técnicas específicas.

## Referências Bibliográficas

AGOPYAN, V.; SAVASTANO Jr., H.; JOHN, V. M. Developments of vegetable fibre reinforced cementitious materials in São Paulo. In: SUSTAINABLE CONSTRUCTION INTO THE NEXT MILLENNIUM - ENVIRONMENTALLY FRIENDLY AND INNOVATIVE CEMENT BASED MATERIALS, João Pessoa, PB, nov. 2000. **Proceedings...** João Pessoa, UFPB/Uni Sheffield, 2000. p.90-102. / Key speaker paper/

COUTTS, R. S. P. From forest to factory to fabrication. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIBRE REINFORCED CEMENT AND CONCRETE, 4, Sheffield, 1992. **Proceedings...** London, E&FN Spon, 1992. p. 31-47. (Rilem Proceedings, 17)

GUIMARÃES, S. S. Vegetable fiber-cement composites. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS, 2., Salvador, 1990. **Proceedings...** London, Chapman and Hall, 1990. p. 98-107. (Rilem Proceedings, 7)

HARRISON, P. T. C.; LEVY, L. S.; PRATRICK, G.; PIGOTT, G. H.; SMITH, L. L. Comparative Hazards of Chrysotile Asbestos and Its Substitutes: a European perspective. **Environmental Health Perspectives**, v. 107, n. 8, Aug. 1999.

HEINRICKS, H.; BERKENKAMP, R.; LEMPFER, K.; FERCHLAND, H.-J. Global

review of technologies and markets for building materials. In: INORGANIC-BONDED WOOD AND FIBER COMPOSITE MATERIALS, 7., Sun Valley, 2000. **Proceedings...** Moscow, University of Idaho, 2000. 12 p. /SHS Report/

JOHN, V. M.; ZORDAN, S. E. Research & development methodology for recycling residues as building materials – a proposal. **Waste Management**, v. 21, p. 213-219, 2001.

LEE, A. **O impacto da substituição do telhado de fibrocimento**. 2000. 11 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Construção Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LHONEUX, B.; AKERS, S.; ALDERWEIRELDT, L.; AMIYA, S.; CARMELIET, J.; HIKASA, J.; SAENEN, W.; STUDINKA, J.; TOMKA, I.; BOSCH, M. V. Durability study of PVA fibres in fibre-cement products. In: International Symposium on concrete for a sustainable agriculture: Agro-, aqua- and community applications, 4., Ghent, Belgium, 21-24 Apr. 2002. **Proceedings...** Ghent, Ghent University/Agricultural Research Centre Ghent, 2002. p. 275-284.

MATSUSATO, H.; OGAWA, K.; FUNATO, M.; SATO, T. Studies on the carbonation of hydrated cement and its effect on microstructure and strength. In: ICCS, 9., **Proceedings...** India, 1992.

NISBET, M.; VENTA, G. J. Fiber-cement in the U.S.A.: past, present and the future. In: Inorganic-bonded wood and fiber composite materials, 7., Sun Valley, 2000. **Proceedings...** Moscow, University of Idaho, 2000. p. 248-257.

SAVASTANO Jr., H. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. 144 f. Tese (Livres-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SWAMY, R. N. Vegetable fibre reinforced cement composites: a false dream or a potential reality? In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS, 2., Salvador, 1990.

**Proceedings...** London, Chapman and Hall, 1990. p. 3-8. (Rilem Proceedings, 7)

# COLETÂNEA HABITARE

**Suely da Silva Guimarães** é engenheira civil (1973) pela Universidade Federal da Bahia e mestre (1977) pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é pesquisadora da Universidade do Estado da Bahia no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP). Atua nas áreas de materiais e componentes de construção, estudos da habitação e incubação de cooperativas populares.

E-mail: [sguimaraes@uneb.br](mailto:sguimaraes@uneb.br)

**Odair Barbosa de Moraes** é engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, em 1997, e mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, em 2002. Desde 2004, é doutorando em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo -USP.

E-mail: [odair.moraes@poli.usp.br](mailto:odair.moraes@poli.usp.br)

**Jozimar dos Santos Lima** é formando em pedagogia pela Universidade do Estado da Bahia e curso de extensão em Filosofia pela mesma Universidade. Coursou História da Educação pela Fundação Clemente Mariane, e Educação de Jovens e Adultos pelo SESI/NET. Ex-professor Estagiário do Serviço Social da indústria no Núcleo de Educação do Trabalhador SESI/NET (2002/2003). Atua no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares – ITCP da Universidade do Estado da Bahia - UNEB.

E-mail: [jozimard@yahoo.com.br](mailto:jozimard@yahoo.com.br)

**Olmo Lacerda** é graduando do Curso de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia. Atua no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares – ITCP da Universidade do Estado da Bahia - UNEB

E-mail: [olmo.lacerda@gmail.com](mailto:olmo.lacerda@gmail.com)

**José Eduardo Ferreira Fontes** é técnico em Construção Civil. Atua no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares – ITCP da Universidade do Estado da Bahia – UNEB.

E-mail: [jfontes@uneb.br](mailto:jfontes@uneb.br)

**Caio Mário Pinheiro Batista** é engenheiro civil, atuou com consultor no projeto.

E-mail: [caiompb@terra.com.br](mailto:caiompb@terra.com.br)

# 3.

## Desenvolvimento de componentes de edificações em fibra de sisal–argamassa a serem produzidos de forma autogestionária – PROSISAL

Suely da Silva Guimarães, Odair Barbosa de Moraes, Jozimar dos Santos Lima, Olmo Lacerda, José Eduardo Ferreira Fontes e Caio Mário Pinheiro Batista

### Resumo

O projeto *Desenvolvimento de componentes de edificações em fibra de sisal-argamassa a serem produzidos de forma autogestionária/PROSISAL* reúne a pesquisa e a transferência de tecnologia num processo integrado de projetos de pesquisa e extensão fundamentado no conhecimento técnico acumulado em pesquisas realizadas anteriormente com compósitos sisal-cimento no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped) e nas ações da Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da Universidade do Estado da Bahia (ITCP/Uneb).

Propõe-se o desenvolvimento tecnológico de um produto inovador, tanto no material, ao utilizar compósitos de matrizes de argamassas reforçadas com fibras de sisal, quanto na concepção espacial (design), para a fabricação de componentes para edificações, drenagem ou irrigação, a exemplo de telhas e calhas, a serem produzidas de forma autogestionária por uma cooperativa popular, a Cooperativa de Produção dos Jovens da Região do Sisal (Cooperjovens) da região nordeste da Bahia, tendo a participação dos cooperantes em todas as etapas da pesquisa.

Com o PROSISAL retoma-se a linha de pesquisa desenvolvida pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped) na década de 80 sobre compósitos de fibras vegetais em matrizes cimentícias, agora integrada às ações para geração de trabalho e renda da ITCP/Uneb a partir da demanda da Cooperjovens por novas utilizações para o sisal. Os produtos desenvolvidos serão produzidos autogestionariamente pela cooperativa, sendo mais um fator a contribuir para a sua autonomia, ao possibilitar a oferta de um produto diferenciado e a redução da migração dos jovens do interior do Estado para as periferias das grandes cidades.

Outro fato relevante neste projeto de pesquisa é a interdisciplinaridade experienciada na sua concepção e no seu desenvolvimento. São pesquisadores de diversas áreas – engenharias, química, arquitetura, educação, economia, sociologia – que, iniciando os trabalhos num processo multidisciplinar, ao longo do desenvolvimento do projeto, vão se integrando, construindo uma linguagem e *modus operandi* comuns, passando pela interdisciplinaridade em direção à transdisciplinaridade.

O Projeto compreende a pesquisa do material, o desenvolvimento de produtos vinculado a demandas pesquisadas na região, o desenvolvimento do processo produtivo, o estudo de viabilidade econômica, a elaboração de projetos para captação de recursos e a transferência de tecnologia, visando ao aproveitamento da fibra do sisal, à redução dos custos dos componentes, à geração de trabalho e renda na sua produção e ao desenvolvimento local sustentável.

## 1 Introdução

Especial atenção tem sido dada às fibras do sisal pelo seu potencial tecnológico e econômico e pela sua importância nas regiões Nordeste e Piemonte de Diamantina, na Bahia, que apresentam indicadores sociais e econômicos incompatíveis com os níveis de desenvolvimento humano minimamente desejá-

veis. Mais de 60% da população da maioria dos municípios da região auferem renda de até 1 salário mínimo, possuindo, além disso, baixo grau de escolaridade, com 67% de analfabetos na zona rural e 36% na urbana.

Na região Nordeste o cultivo do sisal é desenvolvido em pequenas propriedades, e o seu beneficiamento feito artesanalmente, com grandes riscos para a saúde dos envolvidos em tal atividade, que utiliza, ainda, o trabalho infantil. Frequentes são os acidentes no trabalho que, historicamente, têm gerado um grande número de mutilados. Essa região sofreu forte impacto na década 60 com a crise da cultura do sisal, quando surgiram, no mercado internacional, sucedâneos sintéticos para as fibras vegetais.

Deve-se ressaltar que o sisal é uma das poucas culturas que se adaptam ao clima e solo locais, sendo um produto que tem longa tradição de cultivo na Bahia, que é o seu maior produtor nacional. Desde o seu plantio até o beneficiamento das fibras é uma das culturas que mais emprega no Estado, com uma potencialidade de inserção no mercado de, aproximadamente, 900 mil pessoas (EMBRAPA, 1999), em mais de 40 municípios. Salienta-se, assim, a repercussão na agricultura familiar do sisal com novas utilizações para essa fibra.

A produção e beneficiamento do sisal, ao lado da caprinocultura e do cultivo de feijão, é uma das principais atividades econômicas dessa região. Contudo, do ponto de vista econômico (valor bruto da produção), não é tão expressiva por agregar pouco valor ao produto em função das baixas remunerações pagas pelos intermediários e pela deterioração do seu preço no mercado internacional. No entanto, essa cultura já proporcionou ao Estado colheitas de 190 mil toneladas/ano nos anos 1980 e hoje produz pouco mais de 100 mil toneladas. Atualmente, a rubrica Sisal & Derivados está em 8º lugar na pauta de exportação e representa 3% do faturamento do Estado.

Nesse contexto insere-se a Universidade do Estado da Bahia, através da Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP/Uneb), ao dar continuidade à linha de pesquisa de compósitos de fibras vegetais em matrizes cimentícias desenvolvidas na década de 80 no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped) pelo

Programa de Tecnologias da Habitação (Thaba), a partir da demanda de um dos grupos incubados, a Cooperativa de Produção dos Jovens da Região do Sisal (Cooperjovens), que definiu como meta para longo prazo a produção industrial de artefatos de cimento reforçados com sisal.

A Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da Universidade do Estado da Bahia é um programa de pesquisa e extensão vinculado à Pró-Reitoria de Extensão desta Universidade e se constitui num suporte para a estruturação de cooperativas populares, tendo como público-alvo grupos oriundos de setores pobres da população, integrando a extensão com o ensino e a pesquisa. Na metodologia de incubação da ITCP/Uneb tem-se dado ênfase à inovação tecnológica com o desenvolvimento de pesquisas relacionadas com as atividades produtivas dos grupos, possibilitando a oferta ao mercado de produtos diferenciados. Vem se buscando o desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas à produção de modo integrado ao local, de forma sustentável (Uneb/Thaba/ITCP, 2002). Ressalta-se que a incubação de cooperativas populares é um processo eminentemente pedagógico que busca a autonomia dos grupos em todas as etapas – fortalecimento dos vínculos grupais; levantamento da realidade local (diagnóstico); estruturação do empreendimento (espaço de produção e legalização); construção do estatuto; formação em cooperativismo e autogestão; capacitações específicas para as atividades produtivas; construção coletiva de projetos e acompanhamento do grupo na produção e comercialização.

Em continuidade ao processo de incubação, a Cooperjovens participou, com a ITCP/Uneb, da construção do projeto de pesquisa *“Desenvolvimento de Componentes de Edificações em Fibra de Sisal—Argamassa a serem produzidos de forma Autogestionária – PROSISAL”*, que obteve financiamentos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Programa Habitare, e do Banco do Nordeste (Etene/Fundeci), tendo como premissa metodológica a participação dos cooperantes em todas as etapas do projeto. É importante enfatizar nesse processo o acesso de um empreendimento popular à inovação tecnológica.

Ressalta-se que a experiência de incubação de cooperativas populares é desenvolvida em 17 universidades brasileiras, iniciada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ). As ITCPs estão integradas em rede – a Rede Universitária de Incubadoras Tecnológicas de Cooperativas Populares –, o que vem permitindo o intercâmbio das experiências e contribuindo para revisões permanentes dos procedimentos metodológicos.

A ITCP/Uneb vem sendo apoiada pela Finep através do Programa Nacional de Incubadoras Tecnológicas de Cooperativas Populares (Proninc)<sup>1</sup> – nas suas duas fases: a primeira em 1999-2001; e a segunda em andamento, na atual versão do programa, com a participação da Secretaria Nacional de Economia Solidária (Senaes). Na primeira fase do Proninc, a Incubadora contou, também, com aportes de recursos da Fundação Banco do Brasil (FBB). O Prosisal está, assim, inserido, de forma complementar, em dois programas da Finep – o Habitare e o Proninc.

O Prosisal compreende diversas etapas, passando pelas dimensões tecnológica, social e econômica: mobilização e integração dos agentes locais; desenvolvimento do compósito sisal-cimento, considerando os aspectos de durabilidade; aproveitamento de resíduos; facilidade do processo produtivo; resistência aos esforços mecânicos; desenvolvimento dos componentes de edificações inovadores, aliando leveza, beleza e desempenho estrutural; desenvolvimento do processo produtivo dos componentes, aliando facilidade, menor custo e qualidade; e transferência de tecnologia integrada ao processo de incubação, com a participação dos cooperantes na definição dos produtos, no desenvolvimento da pesquisa e na definição da produção e comercialização dos componentes.

<sup>1</sup> O Proninc, lançado em maio de 1998, na sua primeira versão, resultou de uma articulação do Comitê das Entidades Públicas no Combate à Fome e pela Vida (Coep), que envolveu a Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), a Fundação Banco do Brasil (FBB), o Banco do Brasil, o Programa Universidade Solidária e o Ministério da Agricultura, tendo como instituições de fomento a FINEP e a FBB.

## 2 A Cooperjovens

Para a apresentação da pesquisa é necessário, antes, contextualizar o grupo envolvido no projeto. A constituição da Cooperjovens partiu de uma demanda de jovens com história de militância nos movimentos da Igreja e nos sindicatos de trabalhadores rurais de 13 municípios da região produtora de sisal no Nordeste baiano (ver mapa de localização, Figura 1), filhos de pequenos agricultores em busca de alternativas de trabalho e renda para a sua permanência e atuação nos seus locais de origem.



O processo de incubação da Cooperjovens teve a participação da Central Única dos Trabalhadores (CUT) e, posteriormente, da Agência de Desenvolvimento Solidário da CUT/ADS-BA. Como atividade inicial, o grupo optou pela produção artesanal de papel reciclado e artefatos, dada a facilidade do processo, os baixos custos envolvidos, a dimensão ecológica desta atividade e, como atividade de longo prazo, a produção de artefatos de cimento-sisal a partir da informação dos trabalhos de pesquisa do Ceped e da identificação do grupo com a cultura do sisal.

A cooperativa vem produzindo papel e artefatos nos povoados de Retirada e Gregório (municípios de Araci e de Queimadas, respectivamente) com equipamentos (prensas hidráulicas, liquidificadores industriais, entre outros) viabilizados por instituições que apóiam movimentos populares – a Coordenadoria Ecumênica de Serviço (Cese) e o Centro de Estatística Religiosa e Investigações Sociais (Ceris). A Cooperativa conta com ao apoio da ADS/BA no aprimoramento e na comercialização desses produtos.

Já de posse de terreno, doado pela Prefeitura Municipal de Retirolândia, para instalação da unidade de produção de artefatos de argamassa reforçada com fibras de sisal, a Cooperjovens, através de articulações locais no âmbito do Conselho Regional de Desenvolvimento Sustentável da Região Sisaleira do Estado da Bahia, conseguiu aprovação de recursos viabilizados através do Pronaf/Ministério do Desenvolvimento Agrário/Secretaria de Desenvolvimento Territorial, que permitirão o início das atividades com a construção do primeiro módulo da unidade e aquisição de equipamentos básicos (argamassadeira, mesa vibratória). Os resultados parciais da pesquisa já possibilitam a produção de telhas não estruturais, lavanderias e cochos, entre outros produtos identificados na pesquisa de demanda realizada durante o projeto.

Está em análise pela FBB, através do programa Trabalho e Cidadania, um projeto da Cooperjovens para viabilização de recursos para a complementação da infra-estrutura da Unidade Produtiva – construção de depósito para estoque de cimento e fibras; construção de tanques de cura e bancadas; equipamentos de proteção (EPIs) e confecção de formas, numa articulação entre a FBB e a Rede de ITCPs

A Cooperjovens vem focando, assim, suas atividades produtivas na utilização de recursos locais, notadamente o sisal, fibra de grande importância histórica e simbólica, com forte influência na cultura da região. A cooperativa tem enfatizado a utilização de resíduos do processo de beneficiamento dessa fibra, especificamente a “bucha”, tanto na produção dos componentes de edificações em sisalamento quanto na produção artesanal dos papéis reciclados e artefatos, conferindo valor econômico a esse resíduo, que passa a ser um importante insumo nos processos produtivos da Cooperativa.

### 3 Mobilização

É importante destacar como eixo metodológico principal do Prosisal a participação dos membros da Cooperativa no desenvolvimento da pesquisa: na discussão dos objetivos; na definição dos produtos a serem desenvolvidos; nas rotinas dos processos produtivos; e na elaboração dos projetos para captação de recursos.

Desse modo, a mobilização apresenta-se como uma etapa fundamental para o desenvolvimento do projeto, em que se buscou a interação entre os diversos agentes – cooperantes, agricultores e comerciantes – para o levantamento do mercado potencial e a definição dos componentes de edificações a serem desenvolvidos. Para a mobilização dos agentes locais reviu-se a realização de uma pesquisa de demanda nas lojas de materiais de construção da região e de seminários locais sobre a cadeia produtiva do sisal.

Uma oficina de planejamento, com ampla participação dos membros da cooperativa, marcou o início das atividades do projeto.

### 3.1 Pesquisa de demanda

Com a participação dos cooperantes, como pesquisadores de campo, previamente capacitados, realizou-se uma pesquisa de demanda de componentes de edificações com o objetivo de identificar os componentes com potencial de comercialização na região, tendo como universo as casas de materiais de construção (lojas, depósitos, etc.) dos 13 municípios que integram a Cooperativa.

A análise dos resultados dos questionários aplicados demonstrou grande aceitação para a comercialização de produtos com utilização do sisal: 91% dos responsáveis pelas lojas da região afirmaram que estavam dispostos a vender componentes de edificações em argamassa reforçada com sisal. Apontou, também, o mercado real de telhas e demais produtos na região, com uma quantidade média vendida por mês de 267.000 unidades de telhas cerâmicas e em torno de 2.400 telhas de fibrocimento (levantamento realizado em 2002). A Tabela 1 aponta o mercado potencial dos produtos para fabricação pela Cooperativa.

Os materiais mais presentes nas lojas/depósitos são os seguintes: caixas d'água, cimento, ferragens, lavanderias, louças, materiais elétricos, materiais hidráulicos, telhas de amianto, portas, janelas, telhas cerâmicas, lajotas e tijolos cerâmicos. Já os materiais pré-fabricados/industrializados mais comercializados são: telhas de amianto, caixas d'água e telhas cerâmicas.

Município	Telhas	Mourões para cerca	Lavanderias (tanques)	Cochos	Caixas d'água
Araci	100%	33%	100%	83%	100%
Cansanção	100%	100%	100%	80%	80%
Conceição Coité	75%	38%	50%	38%	50%
Monte Santo	67%	100%	67%	100%	100%
Nordestina	-	-	-	-	-
Queimadas	50%	25%	100%	50%	100%
Quijingue	-	-	-	-	-
Retirolândia	100%	71%	86%	86%	86%
Santa Luz	80%	80%	80%	80%	70%
Serrinha	-	-	-	-	-
São Domingos	100%	25%	100%	100%	100%
Serrinha	-	-	-	-	-
Tucano	67%	67%	83%	67%	100%
Valente	100%	40%	100%	60%	100%
<b>Média/Total</b>	<b>84%</b>	<b>58%</b>	<b>87%</b>	<b>74%</b>	<b>89%</b>

\* Levantamento realizado em 2002

Tabela 1 - Materiais sugeridos pelos responsáveis de casas de materiais de construção para fabricação com argamassa reforçada com fibras de Sisal<sup>(\*)</sup>

### 3.2 Seminários sobre a cadeia produtiva do sisal

Os seminários *A Cadeia Produtiva do Sisal: Valorização da cultura do sisal*, organizados conjuntamente pela ITCP/Uneb e Cooperjovens, reuniram agricultores familiares, sindicatos de trabalhadores rurais, prefeituras da região, representantes de instituições de ensino, pesquisa e extensão rural, de instituições financeiras e

organizações não-governamentais, além de outros segmentos da sociedade regional, com o objetivo de: a) mobilizar pequenos agricultores e outros jovens e suas famílias para a busca de novas perspectivas na região; b) levantar as tecnologias já disponíveis relativas ao cultivo e beneficiamento da fibra à segurança e saúde no trabalho; e c) levantar a demanda de produtos para produção em sisal-cimento.

Inicialmente, estava prevista a realização de apenas um seminário. Na oficina de planejamento, entretanto, a Cooperjovens sugeriu a realização de quatro seminários, três locais, com ampla participação dos agricultores, que levantariam demandas para um seminário regional, este com participação de técnicos e representações do poder político local, para discussões das demandas levantadas e encaminhamentos.

Os seminários locais ocorreram em abril de 2002 nos municípios de Araci, Cansanção e Retirolândia, cumprindo com as principais metas, na medida em que conseguiu mobilizar pequenos agricultores e produtores além dos sindicatos, Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola/EBDA, Uneb, ADS-BA, Poder Público, associações e outras organizações, envolvendo 186 pessoas dos 13 municípios da região na discussão da cadeia produtiva do sisal.

Foram seminários de trabalho, marcados pela ampla participação dos agricultores familiares, que ficaram surpresos ao tomar conhecimento das múltiplas possibilidades de utilização do sisal (ver Tabela 2) e de que apenas 3% a 4% da planta (a parte fibrosa das folhas) tem sido aproveitada (EMBRAPA, 1999).

Importante ressaltar que, na visão dos agricultores, um dos maiores gargalos da cadeia produtiva do sisal é a atuação dos *atravessadores* (intermediários nas ações de comercialização). Apontaram como solução para esse problema a estruturação de cooperativas, para a qual solicitaram o apoio da Uneb e da Cooperjovens. No sentido de atender a essa demanda, a ITCP/Uneb tem como meta para 2005-2006 a estruturação de um núcleo da incubadora nos *campi* dessa Universidade na região do sisal, nos municípios de Serrinha e Conceição de Coité, com o apoio da Finep/Proninc.

PRODUTOS		USOS
3% a 5% da planta	FIBRAS	Cordoalha, Tapetes, mantas, bolsas e outros artefatos
		Indústria automobilística, construção civil
95% a 97% da planta	BUCHA*	Celulose, papel Kraft,
		Indústria automobilística, construção civil
	MUCILAGEM	Ração animal
	SUÇO	Aguardente, álcool, ração animal, acetona, cera
Pectina (fabricação de geléias), cortisona vegetal		

\*Resíduos do processo de beneficiamento da fibra

Tabela 2 - Usos possíveis do sisal

Os agricultores levantaram demandas diversas nas áreas tecnológica (cultivo, desenvolvimento tecnológico, capacitação, assistência técnica), de segurança e saúde (proteção nas máquinas de desfibramento, treinamento, seguridade especial na Previdência Social), comercialização, crédito, organização dos trabalhadores (em sindicatos e associações) e políticas públicas (política de empregos, política de desenvolvimento na área de agricultura familiar). Com relação à demanda de produtos para fabricação em argamassa de cimento reforçada com sisal, identificaram mourões para cerca, telhas, caixas d'água, filtros (vasilhames), placas para cisternas, tanques de lavar roupa, placas de forro, cochos para ração e água para animais, calha para irrigação, tubos, forros de parede e teto.

O Seminário Regional ocorreu em dezembro de 2002, em Conceição do Coité, com a participação de representantes dos *campi* da Uneb dos municípios de Serrinha e Conceição do Coité, EBDA, Apaeb, ADS-BA, Pólo Sindical da Região do Sisal e de diversas organizações locais, a exemplo do Movimento de Mulheres Trabalhadoras Rurais (MMTR), proporcionando ricas discussões com os agricultores e ampliação das articulações entre os participantes.

## 4 Estudo da melhoria da durabilidade do compósito

As fibras vegetais são enfraquecidas em meio alcalino (GRAM, 1983) e os concretos e argamassas têm pH na faixa 12-14. Por esse motivo os compósitos sisal-cimento têm sido usados em peças com função estrutural temporária, como o caso de formas perdidas (SCHAFER; BRUNSSSEN, 1990) ou em telhas de pequeno vão e pias, onde, uma vez terminadas as operações iniciais de manuseio, transporte e assentamento, a atuação das fibras torna-se pouco importante (CEPED/THABA, 1984; GUIMARÃES, 1990).

Na busca de soluções para melhorar a durabilidade do material fibra vegetal/cimento, os pesquisadores têm investigado quatro procedimentos diferentes: modificações na matriz para redução da alcalinidade; vedação dos poros da matriz; impermeabilização da superfície do componente já pronto; e proteção das fibras através de impregnação de resinas poliméricas.

Pesquisadores de Universidade de São Paulo (USP) optaram pelo desenvolvimento de uma matriz de argamassa de baixa alcalinidade, composta de cimento de escória granulada de alto forno moída e ativada com materiais alcalinos (CINCO'ITTO *et al.*, 1990; AGOPYAN, 1993; SAVASTANO JR; AGOPYAN, 1997; SAVASTANO JR, 1999; SAVASTANO JR, 2003).

Nas pesquisas desenvolvidas no Ceped e, atualmente, na Uneb, tem-se buscado a proteção das fibras vegetais através da impregnação com resinas, tendo sido testadas, inicialmente, duas resinas sintéticas: solução aquosa de poli-vinil álcool (PVA) e poliacrilonitrila (PAN), diluída em dimetil-formamida (GUIMARÃES, 1990).

Pesquisadores da Universidade de Madri também testaram a impregnação das fibras de sisal com resinas. Usaram colofônio em terebintina; tanino em álcool e xileno; e óleo de cravo em xileno e terebintina (CANOVAS *et al.*, 1990).

Em ambas as pesquisas houve redução na resistência à tração das fibras ou dos compósitos de sisal-cimento, após contato com solução de  $\text{Ca(OH)}_2$ .

As fibras vegetais são porosas e apresentam elevados índices de absorção, o que acarreta variações dimensionais ao perderem a água absorvida durante a preparação do compósito. Essa variação provoca redução da aderência da fibra com a matriz, reduzindo também a resistência do compósito à flexão: a ruptura se dá pelo deslizamento da fibra, antes de esta atingir o seu limite de resistência.

Outro fator que interfere na aderência entre fibra e matriz é a liberação pela fibra vegetal, quando em solução aquosa, de substâncias que retardam e prejudicam a pega do cimento, a exemplo dos denominados extrativos: resinas, polifenóis, óleos e graxas, e, em algumas fibras, açúcares, como é o caso do sisal (CEPED/THABA, 1982; SAVASTANO JR; ACOPYAN, 1996; BERALDO *et al.*, 2000).

A impregnação das fibras de sisal com resinas poliméricas visa não só à proteção das fibras contra o ataque químico dos álcalis, presentes na água dos poros da matriz, mas também, ao isolar a fibra do contato com o meio líquido, a evitar a sua variação volumétrica e a liberação pela fibra de agentes nocivos à pega do cimento, melhorando a qualidade do compósito, tanto pela melhoria da durabilidade da fibra quanto pela melhoria do desempenho da zona de transição e da aderência entre fibra e matriz.

Já foram testadas dez resinas para impregnação das fibras de sisal, ainda sem um resultado satisfatório. Tempo de secagem, trabalhabilidade, solventes adequados (não tóxicos) e aderência entre fibra e resina são alguns dos problemas que vêm sendo enfrentados antes mesmo da avaliação de resistência aos álcalis.

Novas concentrações e adições estão sendo testadas, assim como outros tipos de resinas. Vale ressaltar a preocupação com o custo e com a facilidade de produção na seleção das resinas para proteção das fibras de sisal. São diversas as variáveis do processo – concentração da resina, tempo e temperatura de impregnação, modo de impregnação e tratamento térmi-

co – e avalia-se o desempenho das resinas através de ensaios à tração (norma ASTM D 3379-75), em que são determinadas as resistências à tração, módulo de elasticidade e alongamento na ruptura de fibras impregnadas e *in natura*, após imersão em solução aquosa saturada de CaO por 0, 3, 7, 28, 84 e 140 dias.

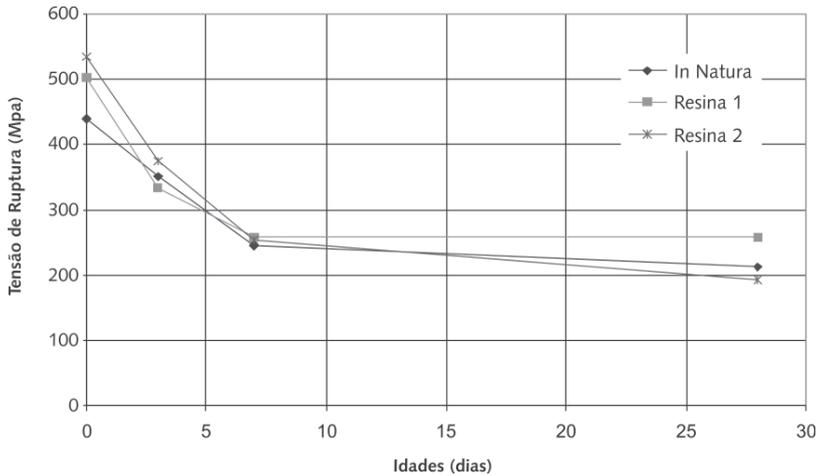


Figura 2 – Tensão de ruptura à tração aos 0, 3, 7 e 28 dias de imersão

Na etapa anterior da pesquisa (GUIMARÃES, 1990), demonstrou-se que o ataque dos álcalis às fibras ocorre logo no início do contato, antes dos 28 dias, quando tendia a uma estabilização. Programou-se, então, a realização de ensaios aos 3 e 7 dias de imersão na solução de CaO, o que confirmou que o enfraquecimento das fibras de sisal ocorre mais fortemente no início e que a tendência à estabilização se verifica aos 7 dias de contato com a solução aquosa de CaO (Figura 2). Esse dado facilita a pesquisa na medida em que, com 7 dias, já se tem uma avaliação prévia da resina.

54

## 5 Desenvolvimento dos componentes

Na concepção dos componentes buscou-se explorar a característica do compósito sisal-cimento de possibilitar a moldagem de placas de pequena espessu-

ra que podem ser dobradas/onduladas, ainda no estado fresco, para criar peças leves e belas, priorizando o uso da forma para resistir aos esforços.

Vale ressaltar o processo de criação (*design*) dos componentes: projetam-se novos formatos de peças leves e belas com bom desempenho estrutural, utilizando-se da forma para resistir aos esforços, num processo iterativo de experimentação, otimização e recriação.

Iniciou-se o desenvolvimento da telha pelo maior potencial de mercado levantado na pesquisa de demanda (ver item 3.1). Interessante notar as especificidades regionais explicitadas nas demandas, a exemplo dos cochos para alimentação animal e mourões para cerca, estes últimos acarretados pela escassez de madeira na região semi-árida.

## 5.1 Estudo da forma – design

A intenção do projeto é inovar não apenas no material mas também na concepção espacial (*design*). O maior desafio no processo de criação das formas é aliar o efeito estético com a resistência mecânica ao se trabalhar com superfícies dobradas ou encurvadas.

Enquanto são pesquisadas as resinas para proteção das fibras, a concepção dos componentes vem sendo feita pensando-se na possibilidade de viabilização deles, independentemente dos resultados obtidos com as impregnações, buscando dimensões e formas que permitam a resistência aos esforços previstos. Assim, embora tenha se iniciado com a concepção de uma telha estrutural (1,5 m de comprimento), vem-se trabalhando uma telha capa-canal com 60 cm de comprimento (ver Figura 5).

O estudo dos componentes iniciou-se com uma pesquisa sobre obras de arquitetos como Antoni Gaudí, João Figueiras Lima, Oscar Niemeyer e Santiago Calatrava, que têm como característica criar efeito estético aliado a soluções estruturais compatíveis com os materiais utilizados.

A partir de então fizeram-se os croquis, modificados à medida que se identificavam as necessidades. Por exemplo, no caso das telhas, obteve-se o conceito e em seguida foram observadas as necessidades de encaixe e empilhamento, assim como o efeito criado na composição do telhado (analisado em maquetes virtuais). Mais tarde foram desenvolvidos modelos em gesso para estudo. Esses modelos tiveram duas utilizações: a visualização e a análise das formas projetadas; e a composição de um material didático na interação com os membros da Cooperativa e da comunidade local para a definição dos componentes, antes de se iniciar a etapa das moldagens experimentais para avaliação de desempenho.

Esse modo de desenvolvimento – croquis, avaliação estrutural, modificações de acordo com as necessidades do componente – se seguiu no processo de criação dos demais componentes, com pequenas variações de um componente para outro.

## 5.2 Análise estrutural

Entre os elementos propostos para a fabricação, as telhas estruturais revelaram-se como de maior complexidade e exigência estrutural, merecendo, portanto, uma análise mais aprofundada com relação ao papel da fibra no compósito. As telhas estruturais são submetidas aos mais diversos esforços: flexão, tração, compressão, torção, em função das suas condições de vinculação. Diversos são os modelos existentes para análise estrutural, principalmente aqueles baseados em métodos numéricos. Contudo, a análise geral parte da forma física da telha e de cargas definidas, tendo como resultado a análise dos esforços atuantes. Partindo-se da forma definida (*design*), obtêm-se as dimensões/medidas que garantirão o melhor desempenho estrutural. É importante ressaltar que a opção por determinado modelo de análise implica simplificações que poderão não influenciar os resultados, cuja importância só poderá ser confirmada por meio da análise comparativa de desempenho dos elementos.

Foram desenvolvidos programas computacionais nas linguagens Fortran e Pascal com o objetivo de auxiliar a avaliação das propriedades mecânicas dos modelos concebidos – programa *Momentos* em linguagem Fortran para cálculo das propriedades de áreas de seção ondulada de pequena espessura. Inicialmente, trabalharam-se as telhas onduladas, cujos dados foram obtidos através de catálogos de fabricantes, e foi usada a função *seno* para a definição dos perfis das telhas; programa para desenho e cálculo de perfis ondulados em linguagem Pascal que permite gerar, em arquivo DXF, perfis ondulados e calcular as propriedades geométricas destes perfis; programa para desenho e cálculo de perfis compostos, também em linguagem Pascal, que gera, em arquivo DXF, perfis formados por segmentos de retas e arcos de círculos e calcula as propriedades geométricas destes perfis.

Esse estudo acarretou no desenvolvimento do programa *LNEUTRA* (linguagem Fortran), uma aplicação do Teorema da Divergência, de Gauss, que resultou numa solução bastante simples para o cálculo de propriedades de áreas, visando à obtenção dos momentos de inércia e do produto de inércia de áreas planas (ROCHA, 2004).

### 5.3 Processo de moldagem

Tomando-se como base a experiência anterior na produção de componentes (CEPED/THABA, 1984; GUIMARÃES, 1990) e visando a facilitar o processo produtivo, escolheu-se uma moldagem do tipo sanduíche, com telas de sisal entre duas camadas de argamassa. Tem-se priorizado a utilização dos resíduos das fibras, rejeitos do processo de desfibramento (bucha), o que amplia, em muito, as possibilidades de uso desse material.

Inicialmente, houve a necessidade de desenvolver um processo de produção do fio de sisal para a confecção das telas: não se conseguiu, nas indústrias locais, o fornecimento de fios feitos com a bucha do sisal nem com a densidade linear desejada. Foi desenvolvido, assim, na ITCP/Uneb, um protótipo de máqui-

na de fiar (Figura 3), idealizada para permitir o bobinamento do fio à medida que este é torcido.



Figura 3 – Protótipo de máquina de fiar projetada na ITCP/Uneb



Figura 4 – Moldagem da telha capa-canal

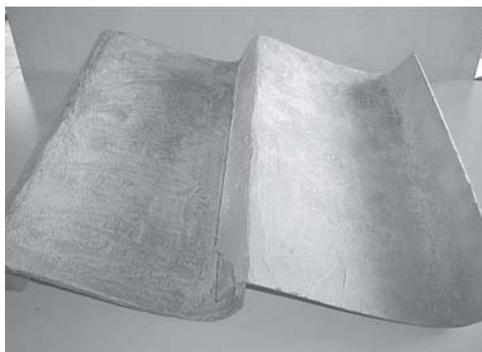


Figura 5 – Telhas capa-canal

## 6 Processo produtivo

### 6.1 Unidade produtiva

A unidade de produção de artefatos de sisal-cimento será implementada num terreno de 1.998 m<sup>2</sup> doado à Cooperjovens pela Prefeitura Municipal de

Retirolândia. Com os recursos aprovados pelo Pronaf (ver item 2) serão viabilizadas a construção do primeiro módulo do galpão de 100 m<sup>2</sup>, com estrutura em pórticos pré-moldados, e a aquisição de equipamentos essenciais à produção (argamassadeira, uma mesa vibratória). A estrutura modular em pórticos pré-moldados de concreto possibilitará a ampliação da unidade à medida da captação de novos recursos e do aumento e diversificação da produção.

A produção se iniciará com as telhas capa-canal pelo maior potencial de mercado identificado na pesquisa de demanda (ver item 3.1).

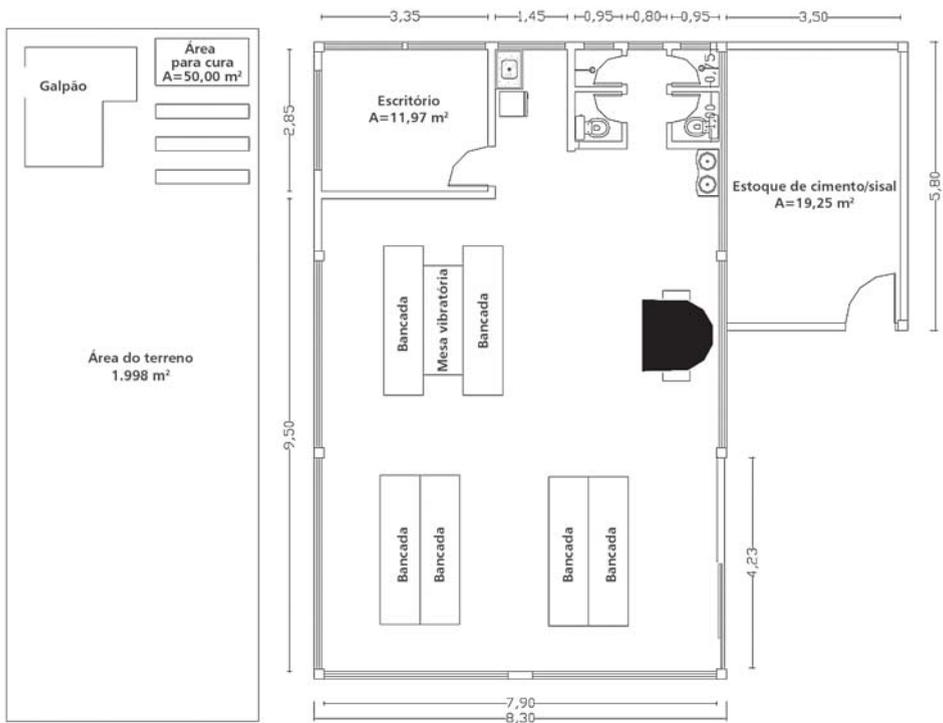


Figura 6 – Plantas da unidade de produção: de situação e do galpão

## 6.2 Estudo de viabilidade econômica

Para o estudo de viabilidade econômica adotou-se uma produção diária de 1.700 telhas (ou 40.800 telhas/mês), o que corresponde a aproximadamente 15% da

quantidade média vendida, só das telhas cerâmicas, pelos estabelecimentos pesquisados (ver item. 3.1). A receptividade demonstrada durante o estudo pelos comerciantes da região em vender produtos que utilizem o sisal gera uma segurança no investimento. Os produtos vendidos nas casas de materiais de construção não são produzidos na região, o que fortalece a ação da Cooperjovens. As plantas na Figura 6 ilustram a proposta da unidade de produção inicial, baseada nesses resultados.

## 7 Processo de transferência de tecnologia

Desde a fundamentação desta proposta de trabalho (pesquisa do Prosisal), a relação com o público beneficiário dos resultados da pesquisa foi de parceria. Parceria exprime relação de troca entre o meio físico-social e os sujeitos de saberes. Já a relação entre sujeito e objeto do conhecimento passa a ser inadequada, pois expressa um processo hierárquico, fator de distanciamento entre a cultura da academia e a cultura dos sujeitos pesquisados e/ou beneficiados pelos resultados da pesquisa. Essa perspectiva pode ser definida como:

[...] teorias interacionistas de base dialética, segundo as quais o conhecimento é formado pelas trocas que o indivíduo realiza com o meio. Essas trocas resultam na organização do real e no desenvolvimento da própria capacidade de conhecer, e na sua ausência as estruturas do conhecimento não se formam. (OLIVEIRA; COSTA; MOREIRA, 2001, p. 32).

Contudo, dessa interação emergem diferenças individuais e grupais, daí parte o processo de construção do conhecimento, pois aquilo que para muitos é entendido como fator de déficit na aprendizagem, para a equipe do Prosisal, é o ponto de partida de todo esse processo. Reconhecendo-se as diferenças, constrói-se um processo interativo e dinâmico – com base no procedimento pedagógico do *aprender fazendo*. Em outras palavras, deve-se buscar sempre valorizar o contexto social de

cada indivíduo no processo de construção coletiva (FREINET, 1969, 1974 apud ELIAS 1997, p. 21-31; FREIRE, 1993, 1996).

[...] A relação entre sujeito e objeto do conhecimento não se dá de forma unilateral, todavia essa relação pode ser entendida como um processo recíproco, um processo de troca. Para que isso se torne uma verdade, entendendo essa verdade como sendo algo subjetivo – depende do olhar do sujeito –, é preciso que o pesquisador olhe para o outro não como um objeto, porém como um sujeito de saberes que precisam ser valorizados [...]. (LIMA, 2004, p. 30-31).

Outro ponto que deve ser explicitado de forma clara é a ligação entre teoria e prática. O processo vem se dando através de oficinas de trabalho com base na tríade prática, teoria e prática. Cada um desses elementos possui o mesmo grau de importância. A premissa norteadora dessa prática é a da *leitura do mundo precedendo a dos livros*, de acordo com Freire (1993), ou seja, o sujeito constrói sua própria aprendizagem a partir da troca com um companheiro de mesmo nível na aprendizagem ou numa etapa mais à frente, priorizando o princípio vygotskyano de *Zona de Desenvolvimento Proximal*, a qual pode ser definida como:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. (VYGOTSKY, 1994, p. 172).

Daí a proposta da equipe de trabalhar todo o processo de transferência tecnológica a partir de oficinas, à medida que os resultados da pesquisa forem surgindo. Ao todo ocorreram três oficinas, entretanto a última se deu durante uma semana, compreendendo seis minioficinas. Em todas elas há momentos de reflexão da teoria e da prática para alcance das metas previstas, ou seja, os cooperantes fabricando telhas de forma autogestionária e cada um deles dominando o processo num todo.

## 8 Comentários finais

A pesquisa está em andamento e os desafios são grandes: seja na identificação de resinas que atendam ao objetivo proposto de promover a melhoria da durabilidade do compósito sisal-cimento, possibilitando a produção de telhas de longo vão e outras peças com função estrutural, seja no processo formativo da Cooperjovens que possibilite a produção autogestionária dos componentes de edificações com qualidade, gerando renda para os membros da Cooperativa e realizando o sonho deles de demonstrar as potencialidades locais, produzindo e contribuindo para o desenvolvimento da região.

Os trabalhos realizados indicam a viabilidade de produção de telhas capanal (60 cm) e de outros produtos sem função estrutural, a exemplo dos cochos para alimentação animal. Vale ressaltar a inserção local da Cooperativa na viabilização de recursos para a construção da unidade produtiva e na articulação de parcerias diversas para formação, capacitação, comercialização e financiamento de máquinas e equipamentos.

Importante ressaltar, também, a existência dos dois *campi* da Uneb na região e a estruturação de um núcleo da ITCP em um deles, o que possibilitará o apoio à organização demandada pelos agricultores durante o projeto.

## Referências bibliográficas

62

AGOPYAN, V. O emprego de materiais fibrosos na construção civil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MATERIAIS REFORÇADOS COM FIBRAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. São Paulo - SP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. **Anais...** Jul. 1993, p. 11-25.

BERALDO, A. L. *et al.* Efeitos da espécie vegetal, do tipo de cimento e do tratamento utilizado sobre a resistência à compressão de compósitos. In: ENTAC 2000. MODERNIDADE E SUSTENTABILIDADE - ENCONTRO

NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.,  
Salvador - BA, 2000. **Anais...** 2000. p. 1018-1025.

CANOVAS, M. E. *et al.* Possible ways of preventing deterioration of vegetable fibres in cement mortars. In: VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS - INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM, 2. **Proceedings...** London, 1990. p. 120-129.

CEPED/THABA. **Utilização de fibras vegetais no fibro-cimento e no concreto-fibra.** Rio de Janeiro: BNH/DEPEA, 1982. 72 p.

CEPED/THABA. **Utilização de fibras vegetais na construção civil.** Convênio FINEP/BNH/CEPED. Camaçari, BA, 1984. 61 p.

CINCOTTO, M. A. *et al.* Optimization of rice husk ash production. In: VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS - INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM, 2. **Proceedings...** London, 1990. p. 334-342.

ELIAS, Marisa Del Cioppo (Org.). **Pedagogia Freinet: teoria e prática.** Campinas, SP: Papirus, 1997. (Coleção Práxis).

EMBRAPA. **O agronegócio do sisal no Brasil.** Organizado por Odilon Remy Ferreira da Silva e Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão. Brasília: EMBRAPA-SPI; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996. (Coleção Leitura).

FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam.** 28. ed. São Paulo: Cortez, 1993.

GRAM, H. E. **Durability of natural fibres in concrete.** Stockholm, Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1983.

GUIMARÃES, Suely da S. **Compósito fibra vegetal-cimento: análise da durabilidade / Relatório Final.** Documento elaborado para Finep, set. 1992. 38 p.

GUIMARÃES, Suely da S. Fibra vegetal-cimento: resultado de algumas experiências realizadas no Ceped/Thaba. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA EM HABITAÇÃO: DA PESQUISA À PRÁTICA, 1., abr. 1987. **Anais...** São Paulo, SP, 1987. v. I, p. 103-109.

GUIMARÃES, Suely da S. Vegetable fibre-cement composites. In: VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS - INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM, 2. **Proceedings...** Salvador - BA, set. 1990. p. 98-107.

LIMA, Jozimar dos Santos. **Dificuldade de aprendizagem e o uso das novas tecnologias.** Projeto de monografia de graduação defendido no Departamento de Educação I. Salvador: Uneb, 2004.

OLIVEIRA, Celina Couto de; COSTA, José Wilson da; MOREIRA, Mércia. **Ambientes informatizados de aprendizagem:** produção e avaliação de software educativo. In: concepção interacionista. Campinas: Papyrus, 2001. p. 32. (Série Prática Pedagógica).

ROCHA, J. A. de L. **Obtenção da equação da linha neutra de uma seção de viga sob flexão assimétrica usando o teorema da divergência.** Salvador, UFBA/Escola Politécnica, Departamento de Construção e Estruturas, 2004.

SAVASTANO JR, Holmer; AGOPYAN, Vahan. Microestrutura X desempenho dos compósitos reforçados com fibras vegetais. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, São Paulo - SP, ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia de Ambiente Construído, 1996. **Anais...** 1996. p. 153-158.

SAVASTANO JR, Holmer; AGOPYAN, Vahan. Análise microestrutural aplicada ao estudo de compósitos fibrosos. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1997. **Anais...** 1997. p. 167-171.

SAVASTANO JR, Holmer *et al.* Plant fibre reinforced cement components

for roofing. **Construction and Building Materials**, London, v. 13, p. 433 - 438, 1999.

SAVASTANO JR. Sistemas de cobertura para construções de baixo custo: uso de fibras vegetais e outros resíduos agroindustriais. In: ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. (Ed.). **Utilização de resíduos na construção habitacional**. Porto Alegre, ANTAC, 2003. (Coletânea Habitare, vol. 4).

SCHAFER, H. G.; BRUNSSSEN, G. W. Sisal-fibre reinforced lost formwork for floor slabs. In: VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS - INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM, 2. **Proceedings...** London, 1990. p. 173-181.

UNEB/THABA/ITCP. **Estruturação e desenvolvimento de uma incubadora tecnológica de cooperativas populares na UNEB**: relatório final. Convênio FINEP/FAPES/UNEB. Salvador - BA, 2002.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 5. ed. Tradução de Michael Cole, José Cipolla Neto Luís S. M. Barreto e Solange C. Afeche. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

## Agradecimentos

Agradecemos à Financiadora de Estudos e Projetos/Programa Habitare e à Fundação Banco do Brasil – Etene/Fundeci, pelo apoio financeiro e pela viabilização da participação da Cooperjovens no Prosisal; aos alunos de graduação de diversas áreas (sociologia, química, engenharia, desenho industrial, arquitetura) que participaram do projeto; aos pesquisadores e técnicos dos laboratórios da Coordenação de Materiais do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped); e aos professores e técnicos do Colegiado de Química da Universidade do Estado da Bahia, Campus 1 – Salvador.

# COLETÂNEA HABITARE

**Carolina Palermo Szücs** é arquiteta (1976) pela Universidade Federal de Pernambuco, mestre (1979) pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, especialista (1990) pela École D'Architecture de Nancy, França, e doutora (1991) pela Université de Metz, França. Atualmente é professora titular da Universidade Federal de Santa Catarina. Atua nas áreas de planejamento, projeto e desenvolvimento de sistemas construtivos voltados para a Habitação Social. É coordenadora do Grupo de Estudos da Habitação (GHab-UFSC).

E-mail: [carolps@arq.ufsc.br](mailto:carolps@arq.ufsc.br)



# 4.

## Sistema STELLA/UFSC: avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social

Carolina Palermo Szucs

### Resumo

A pesquisa tratou do desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento. Envolveu a revisão de sistema construtivo existente, com vistas ao barateamento sem perda de qualidade, para aplicação em programas públicos de provimento habitacional. Foram objetivos específicos: adequar o sistema quanto a simplicidade construtiva, capacidade evolutiva, segurança, economia, desempenho térmico e materiais e soluções dos sistemas de instalações; explorar a coordenação dimensional, visando a maior produtividade; facilitar a montagem e qualificar a mão-de-obra; e introduzir soluções inovadoras com aplicação da madeira, aumentando a visibilidade do material e o reconhecimento de suas qualidades.

67

### Apresentação

O Brasil apresenta hoje déficit habitacional estimado em seis milhões de unidades. Tal montante concentra-se nas faixas de renda menos favorecidas, onde a população não tem acesso aos programas de financiamento ofereci-

dos pelo governo, que não parecem responder à demanda que continua a crescer. Alternativas construtivas que reduzam os custos de produção devem ser incrementadas no sentido de aumentar a oferta de habitações econômicas e de qualidade, com fácil acesso às comunidades ainda não atendidas.

A espelho do que acontece em outras regiões do mundo, a aplicação no Brasil da madeira reflorestada surge como alternativa viável e econômica, podendo ser aplicada principalmente nas regiões produtoras desse material. Um desenvolvimento tecnológico mais completo na área de manejo com a madeira reflorestada pode significar a independência do país em relação a tecnologias estrangeiras, caras e inacessíveis.

O Brasil é hoje um dos países com maior área florestada e reflorestada da América do Sul. Ao norte temos a mata nativa cobrindo a Amazônia. Ao sul, com a mata nativa já praticamente extinta, temos hoje uma reserva de madeira de reflorestamento do tipo eucalipto ou pínus cobrindo enormes áreas dos três estados da região. Este material, que até 15 anos atrás estava disponível apenas para a produção de pasta de celulose, hoje, numa tendência nacional, passa a ser mais empregado na construção civil.

Grandes centros de pesquisa brasileiros desenvolvem programas de formação específicos no trato com a madeira, com o objetivo de disseminar o aprofundamento de seu conhecimento. Só assim a indústria madeireira aumentará sua competitividade sem repetir o que aconteceu 30 ou 40 anos atrás, quando florestas inteiras foram dizimadas e jamais repostas.

Historicamente, a abundância, a aparente facilidade de manejo e o relativo baixo custo de comercialização fizeram com que a casa de madeira fosse sinônimo de sub-habitação. Os processos de transformação da sociedade fazem com isso seja revisto. A madeira de reflorestamento é um produto nobre, com características benéficas na sua utilização como elemento construtivo, e com condições favoráveis de gerar o conforto dos usuários. Deve estar associada à imagem de um produto arquitetônico sustentável, configurando-se num mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

Na região sul-brasileira, grandes empresas mantêm reflorestamentos, destinando esse material para os mais diferentes fins. O Conglomerado Battistella, parceiro nesta pesquisa, é grande produtor de placas de madeira e madeira serrada, usinada e tratada, principalmente a madeira de pínus. A Empresa Stella Casa Pronta é seu braço voltado para a produção de unidades habitacionais e há mais de 15 anos vem atendendo ao mercado em vários estados brasileiros. A casa Stella está direcionada para a população de alto poder aquisitivo, havendo interesse da empresa em ampliar o mercado propiciado a parceria responsável por esta pesquisa.

Em sua evolução, os sistemas industrializados de construção passaram por fases cujos resultados estéticos e compositivos não foram satisfatórios. Os primeiros sistemas pré-fabricados tinham como premissa a funcionalidade, em que prevalecia a rigidez das máquinas e processos de fabricação dos componentes, originando uma arquitetura pobre e repetitiva. Essa arquitetura passou a identificar a arquitetura marginal, de baixa qualidade.

Com a evolução dos equipamentos de fabricação dos componentes e com a diversificação dos processos, a flexibilidade na produção e na utilização dos componentes teve largo incremento. A pré-fabricação deixou de ser sinônimo exclusivo de industrialização, surgindo novos produtos, que devido à facilidade de manejo deram à obra característica de linha de montagem. A construção por componentes não tem por dogma a modulação. O princípio gerador é a coordenação dimensional e a diversificação de materiais como forma de satisfazer as exigências técnicas e garantir a competitividade no mercado da construção civil.

No âmbito dos sistemas de instalações elétricas e hidrossanitárias, existe carência bastante significativa de literatura. Sendo a edificação em madeira, o fato é ainda mais evidente. Num processo industrializado ou semi-industrializado, a concepção das instalações deve acompanhar o caráter inovador. As iniciativas neste sentido são bastante tímidas, com características mais de adaptação do que de inovação. A bibliografia em geral não faz referência a soluções específicas para habitação de madeira.

No Catálogo Ibero-Americano de Técnicas Construtivas Industrializadas para Casas de Interesse Social, elaborado com a participação do CNPq (1993), há 60 sistemas construtivos sumariamente descritos. Destes, somente 14 utilizam madeira. Na descrição dos sistemas não se faz qualquer alusão às instalações. Nos anais do III Simpósio Ibero-Americano sobre Técnicas Construtivas Industrializadas para Habitação de Interesse Social (1993), o enfoque se dá na estrutura e vedações, ou seja, modifica-se ou inova-se uma parte do sistema construtivo, o que muitas vezes leva a ganhos mínimos.

Neste quadro, duas necessidades justificaram uma investigação mais aprofundada: a) uma abordagem mais ampla dos sistemas construtivos, em que as instalações sejam vistas como um subsistema coerente com o todo; e b) um estudo crítico dos componentes, visando conferir-lhes flexibilidade de aplicação, especificamente na construção em madeira.

## Estrutura da pesquisa

A pesquisa envolveu a avaliação e desenvolvimento de proposta construtiva em madeira de reflorestamento para aplicação na produção da habitação social. Adotou como referência para análise e avaliação o sistema construtivo produzido pela Battistella e colocado em oferta a uma população de padrão de renda médio-alto a alto. O objetivo central foi efetuar uma revisão do sistema, no sentido de seu barateamento sem perda de qualidade, para aplicação em programas públicos de provimento habitacional. A investigação foi desenvolvida na forma de subprojetos, a saber:

1. flexibilização arquitetônica aplicada a sistema construtivo em madeira dirigido a programas de habitação social:

- adequar o sistema Stella Casa Pronta a uma proposta habitacional voltada para a população de baixa renda, enfocando: *expectativas familiares* – busca atender às necessidades imediatas e mediatas de espaço da família; *simplicidade construtiva* – busca reduzir os custos sem perda de qualidade, através do apuro tecnológico, com vistas à

simplificação do processo no canteiro; e *construção evolutiva* – busca ampliar as possibilidades de aplicação do sistema, pela possibilidade da incorporação de novos espaços e/ou novos usos; e

- explorar o conceito de coordenação dimensional entre os diferentes subsistemas, com vistas ao aumento da produtividade, à rapidez de montagem e à qualificação da mão-de-obra;

2. sistema estrutural e de cobertura para habitação social industrializada em madeira de reflorestamento:

- avaliar os sistemas estrutural e de cobertura utilizados no sistema sob os aspectos de segurança, economia, praticidade de produção e montagem; e

- introduzir soluções inovadoras, que diversifiquem as formas de aplicação da madeira, contribuindo com uma maior visibilidade do material e o reconhecimento de suas qualidades;

3. vedação vertical industrializada com madeira de reflorestamento para programas de habitação social – adequação ambiental e melhoria da construtividade:

- avaliar a solução aplicada nas vedações do sistema quanto a: *desempenho térmico* – com vistas à redução do consumo energético; *construtividade* – busca a racionalização do projeto, a padronização dos componentes e a otimização dos procedimentos de montagem; e

- lançar soluções de vedação em madeira mais adequadas às condições de uso em habitações dirigidas às populações de baixo poder aquisitivo;

4. sistema integrado de instalações elétricas e hidrossanitárias para aplicação na construção industrializada em madeira de reflorestamento:

- analisar os sistemas de instalação e seus componentes, desde a concepção, execução e uso, quanto à adequação dos materiais usados e das soluções adotadas;

- adequar o sistema às necessidades do novo mercado e reduzir a relação entre custo e benefício das instalações; e
- desenvolver componentes de instalações elétricas e hidrossanitárias mais adequados ao uso integrado a sistemas construtivos em madeira.

## Organização do tempo e estratégias de pesquisa

A pesquisa teve início em março de 2002, com o projeto do protótipo tecnológico em que estariam incorporados os elementos de pesquisa, sejam as soluções praticadas pela empresa, sejam as alternativas de revisão já promovidas pela equipe de pesquisa. A concepção do protótipo buscou atender a duas condições de uso, descritas abaixo.

### 1. Modelo de habitação em madeira com vistas ao atendimento das populações de renda média e médio-baixa inseridas em regiões madeireiras

A madeira é um material leve e, se manejado adequadamente, resistente e duradouro. Por suas características, é um dos materiais mais adequados à aplicação em construções de pequeno porte. Considerando ainda a necessidade de atendimento às necessidades habitacionais de populações de poder aquisitivo médio a médio-baixo, a edificação proposta incorporou atributos de flexibilidade que buscavam atender a dois níveis de demanda: rapidez de montagem, reduzindo o tempo de obra e, portanto, o custo global do empreendimento; e construção em etapas, permitindo a execução de parte da obra e deixando para mais tarde a complementação, quando a família necessitar e/ou obtiver capacidade financeira para tal.

### 2. Protótipo erguido como mostra tecnológica de aplicação intensiva de material inovador e alternativo à construção tradicional

Pela parceria com a empresa, a universidade teve oportunidade de trazer aos alunos os ensinamentos práticos de construção civil, através do acompanhamento do processo construtivo e da avaliação de desempenho,

tudo isso dentro do *campus*, podendo funcionar como exercício curricular de muitas disciplinas dos cursos de arquitetura e engenharia civil. Tal protótipo procurou atender a dois níveis de demandas: transparência do processo construtivo, permitindo o acompanhamento das etapas de forma simplificada e ampla visibilidade das partes da obra; e usabilidade do conjunto construtivo, permitindo que os alunos circulem no interior da edificação, sentindo os efeitos do espaço criado.

## O protótipo tecnológico

O protótipo Stella-UFSC ficou definido como se segue: construção pré-fabricada de madeira do tipo pínus com paredes duplas de 15 cm de espessura, separadas por câmara de ar de 12 cm e pé-direito de 244 cm. A concepção está baseada na modulação de 122 cm x 244 cm, definida pelas dimensões padrão da empresa interveniente. Utiliza a coordenação dimensional, colocada como importante ferramenta de projeto, o que permite alcançar os seguintes benefícios:

- a) utilização de componentes industrializados com sistema de pré-fabricação e linhas de montagem;
- b) possibilidade de instalação de esquadrias, também padronizadas, em diferentes pontos da casa;
- c) simplificação do processo de ampliação da moradia, através de dispositivos de desenho incorporado ao conjunto construtivo;
- d) rapidez na montagem, reduzindo o tempo de mão-de-obra e conseqüentemente o custo final da obra; e
- e) redução dos retrabalhos e do desperdício de material.

A estrutura é composta de montantes de madeira maciça (3 cm x 12 cm x 244 cm), fixados em guias de apoio com dimensões de 3 cm x 12 cm. O conjunto forma painéis modulados estruturais, podendo ser montados no canteiro ou na fábrica, o que reduz o tempo de instalação.

Os painéis do pavimento superior, bem como o piso e o forro do mezanino são apoiados em vigas de seção I com dimensões de 8 cm x 25 cm, tendo alma com espessura de 3,4 cm.

O revestimento interno é feito com chapas laminadas<sup>1</sup> de dimensões de 122 cm x 244 cm. Já o revestimento externo é feito com tábuas do tipo *siding*, cuja colocação e sobreposição previnem a infiltração da água, na ação combinada da chuva e do vento. A estrutura do telhado é em treliças de madeira maciça, montada com conectores em chapa-prego. A cobertura é realizada em telhas de madeira produzidas pela empresa.

O projeto envolve um embrião com área inicial de 47,00 m<sup>2</sup>. No pavimento térreo estão localizadas copa, cozinha e sala de estar. O segundo pavimento engloba o quarto e o banheiro. A edificação pode ser ampliada lateralmente, podendo receber três a quatro cômodos a mais, sem interferência na estabilidade estrutural do conjunto construtivo ou na estrutura de circulação interna. O banheiro foi localizado no pavimento superior para efeito didático por ser a situação crítica de localização, principalmente em se tratando de uma construção em madeira.

Cozinha e banheiro estão alinhados numa mesma coluna, o que facilita o sistema de instalação hidráulica e a manutenção dos equipamentos hidráulicos da casa. A área de serviço, situada nos fundos da casa, também é servida pela mesma coluna.

As esquadrias foram concebidas em pínus, de modo a intensificar o uso do material. Não foi possível verificar o desempenho destes componentes.

Quanto ao desenho propriamente dito, foram inseridos os seguintes elementos:

a) área de varanda, para estreitar a relação de vizinhança e o convívio familiar com o espaço do quintal;

<sup>1</sup> Chapas formadas por lâminas de madeira, em número ímpar, coladas. As lâminas exteriores são dispostas com suas fibras orientadas no sentido longitudinal, e as demais com alternância no sentido das fibras, o que garante o enrijecimento do conjunto. As chapas de revestimento interno são compostas de três lâminas de 4 mm de espessura cada.

- b) cozinha com espaço suficiente para circulação e uso dos equipamentos;
- c) área de serviço agregada à casa;
- d) zonas molhadas servidas por uma mesma coluna d'água;
- e) espaço da sala de estar conjugado com a cozinha;
- f) amplas aberturas, que fortalecem a relação com o exterior e favorecem a iluminação natural;
- g) projeto evolutivo através de dispositivos que permitem a identificação das alternativas de ampliação; e
- h) utilização da tipologia geminada, racionalizando os custos das redes urbanas e orientando a evolução do projeto.

As Figuras 1 a 7 informam sobre a concepção do protótipo com visualização da edificação finalizada.



Figura 1: Planta baixa do térreo



Figura 2: Planta baixa do pavimento superior

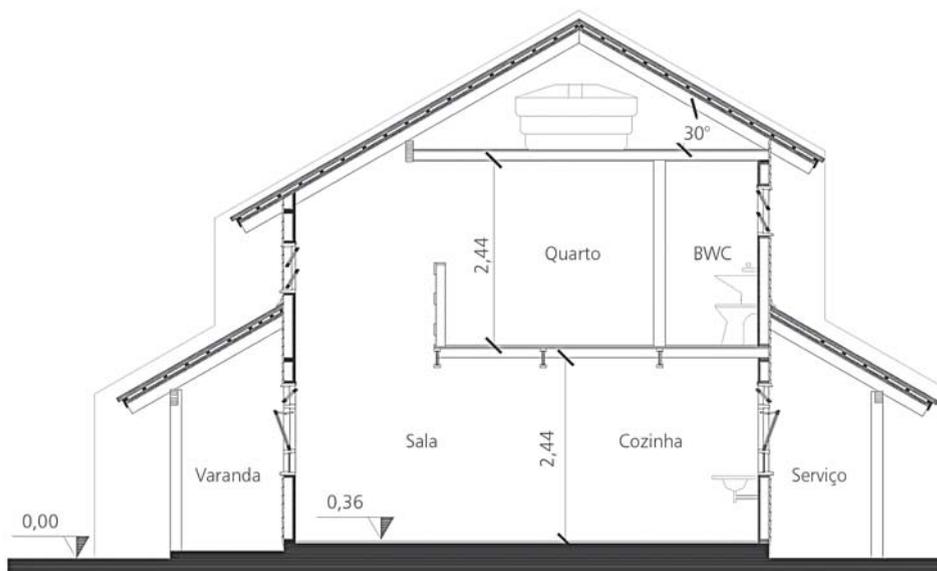


Figura 3: Corte longitudinal

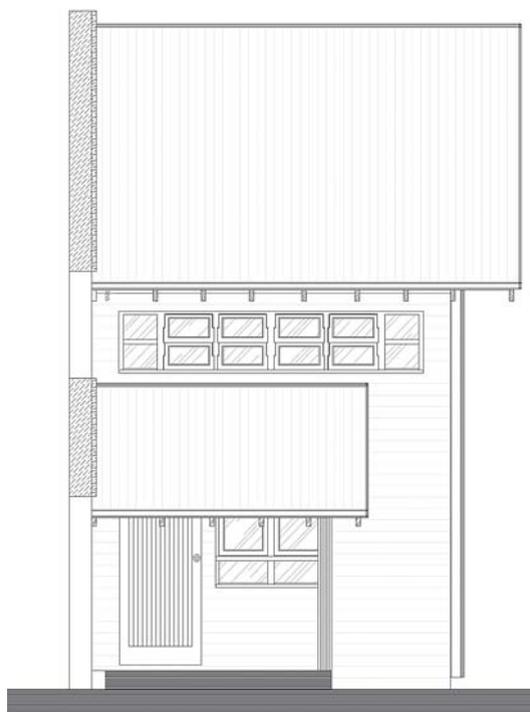


Figura 4: Vista frontal



Figura 5: Vista interna



Figura 6: Vista externa

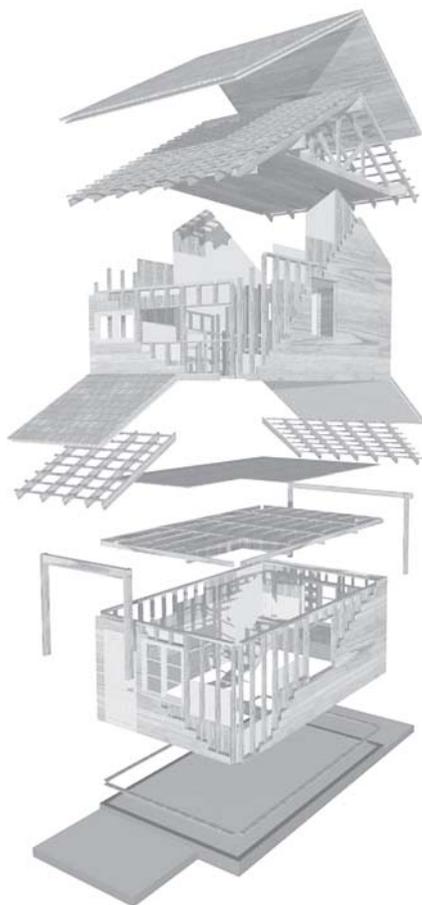


Figura 7: Perspectiva explodida

## Resultados da pesquisa

Tendo em vista a complementaridade dos temas tratados nos diferentes subprojetos, muitas vezes levando a equipe de pesquisa a um trabalho conjunto, os resultados são apresentados em função dos subsistemas que compõem a edificação, independentemente da estrutura organizacional da pesquisa. Tal estratégia visa simplificar a compreensão das informações aqui disponibilizadas. Na seqüência, o documento esclarece sobre os cinco subsistemas que compõem o protótipo Stella-UFSC, quais sejam: piso; parede; entrepiso; telhado; e instalações elétricas e hidráulicas.

## Descrição do sistema

### 1 Introdução

A pesquisa trata de sistema leve em madeira, mais conhecido como sistema plataforma, que é bastante desenvolvido e difundido em países como os Estados Unidos, Canadá, Suécia e Japão, e suas principais características são a simplicidade construtiva e a rapidez na execução. No Brasil há pouca experiência neste tipo de construção – apesar de o país possuir uma das maiores reservas mundiais de madeira – e os sistemas construtivos em madeira normalmente empregados são bastante precários.

O sistema plataforma não apresenta uma estrutura hierarquizada, na forma de pilares e vigas, sendo formado por um *entramado* composto de inúmeras peças de madeira maciça de pequenas dimensões, formando paredes e pisos, cujo fechamento é feito com chapas de madeira reconstituída (ex.: compensado). Desse modo, o entramado de piso, parede e cobertura é erguido e unido para formar a estrutura portante da edificação. Como se trata de sistema pré-fabricado, é necessária a estreita relação entre projeto e execução. A definição do projeto, ainda no papel, e a confecção das peças e componentes, ainda na fábrica, responderão pelo sucesso da execu-

ção da obra. Deve-se tirar proveito da modulação de alguns componentes, como, por exemplo, as chapas de compensado, para que sirva como instrumento de simplificação, e não de rigidez do sistema construtivo. O rigor na pré-execução será responsável pelo desempenho global do sistema. No que diz respeito à avaliação, dois conceitos preponderantes foram levados em consideração: simplicidade construtiva e evolutividade<sup>2</sup>.

A simplicidade construtiva está diretamente ligada à qualificação da mão-de-obra. Neste sentido, é importante explicitar que o sistema em estudo é comercializado em ciclo fechado, isto é, a edificação é produzida inteiramente na indústria e montada no canteiro, por mão-de-obra especializada. A comercialização poderia, entretanto, se dar também em ciclo aberto, sendo as diferentes partes produzidas por diferentes indústrias e acopladas no canteiro por mão-de-obra especializada ou semi-especializada. Neste caso a simplicidade construtiva é essencial para a garantia da qualidade, mesmo com mão-de-obra pouco qualificada, além de contribuir na redução de custos. Assim, o sistema construtivo deve proporcionar um máximo de produtividade num mínimo de tempo, além de prevenir o desgaste do material e minimizar custos com manutenção (SZÜCS, 1992).

A capacidade evolutiva, ou *evolutividade*, é justificada pelo fato de populações de menor renda – em geral caracterizadas por famílias numerosas – não disporem de meios para adquirir ou construir uma moradia que atenda a todas as necessidades familiares. Nesse sentido, o usuário, procurando livrar-se do aluguel, busca uma habitação mínima, até que alcance os meios de transformar sua casa, aumentar ou acrescentar ambientes. É imprescindível, portanto, que a solução aplicada seja capaz de acompanhar esta dinâmica social (SZÜCS, 1992). Na descrição e avaliação do sistema, são usados os termos *componente* e *elemento*, segundo o que estabelece a NB 1228: componente – ente que compõe os elementos da edificação, constituí-

<sup>2</sup> Do francês “evolutivité”: potencial evolutivo da edificação, potencial de ampliabilidade.

do por material natural ou de fabricação industrial, como, por exemplo, lambri, sarrafo, chapa de compensado, telha cerâmica, etc.; elemento – parte do edifício suficientemente elaborada, constituída pela reunião de um ou mais componentes, como, por exemplo, painel, porta e janela. O termo “subsistemas” é aplicado neste capítulo com o seguinte conceito: partes do sistema construtivo que, unidas, formam a edificação, como, por exemplo, fundações, estrutura principal, cobertura, vedação e esquadrias.

Para fins didáticos, a descrição e a avaliação do sistema são apresentadas a partir dos subsistemas piso, paredes, entrepiso e telhado, conforme indicado na Figura 8.

Do ponto de vista da simplicidade construtiva, foram considerados os seguintes parâmetros:

- a) solução arquitetônica utilizando modulação básica adequada aos componentes;
- b) utilização de componentes e elementos não onerosos e disponíveis no mercado;
- c) menor variabilidade nas dimensões dos elementos e componentes;
- d) simplicidade nas ligações, com a utilização de materiais de fácil manejo;
- e) maior pré-fabricação dos componentes, simplificando os procedimentos de montagem; e
- f) adequação do peso e dimensões de componentes e elementos ao transporte e montagem.

80

No caso da evolutividade, os seguintes parâmetros foram analisados:

- a) fácil compreensão das possibilidades evolutivas do projeto por parte do usuário;
- b) possibilidade de reutilização de elementos e componentes na ampliação; e
- c) garantia da manutenção da qualidade da parte existente, especialmente nas junções.

Além da avaliação da simplicidade construtiva e da evolutividade, outros problemas identificados tiveram destaque, conforme a seqüência do capítulo.



Figura 8: Os subsistemas

## 2 Piso

### 2.1 Descrição

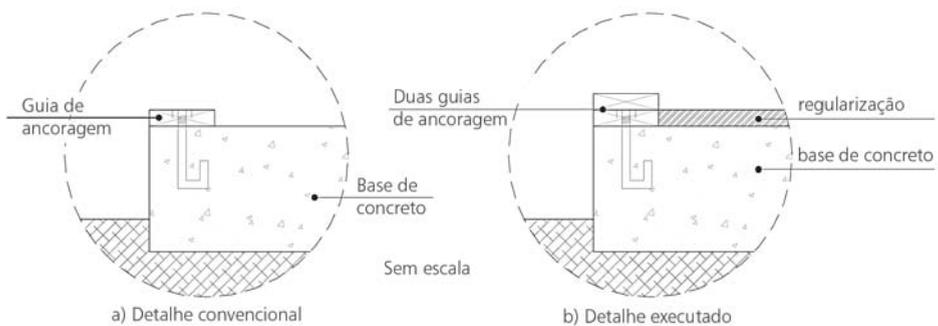
A definição do tipo de fundação é uma etapa muito importante porque recebe e transmite as cargas da edificação para o solo. No caso do sistema plataforma, outra função importante da fundação é a de ancoragem da edificação, de modo a evitar o seu levantamento ou tombamento por ação de ventos e outros fenômenos da natureza. No protótipo, o subsistema piso corresponde a uma base de concreto, o *radier*, onde são fixadas as guias de ancoragem da ossatura. Essa solução foi adotada por circunstâncias locais, podendo ser ainda utilizadas sapatas corridas ou isoladas com estrutura do piso em madeira.

A fundação do tipo *radier* consiste em uma laje armada e espessa que trabalha como uma única sapata, transmitindo uniformemente as cargas da estrutura para o solo. Como foi detectada a dificuldade de posicionamento dos ganchos na concretagem do *radier*, caso fosse adotada a solução de

vigas baldrame, o piso térreo poderia ter sua estrutura toda em madeira, semelhante à do entrepiso. A utilização do mesmo sistema de piso no térreo e no entrepiso foi economicamente vantajosa, pois há um aumento da industrialização na linha de produção, transferindo mais esta etapa da construção para a fábrica e minimizando os problemas decorrentes no sistema *radier*, entre eles a necessidade de um tempo maior de cura e um maior cuidado com o nivelamento do piso. O último ponto a ser observado é que essa vantagem econômica é válida para edificações com até 60 m<sup>2</sup>, uma vez que todos os componentes da edificação podem ser transportados em um único caminhão.

Antes da concretagem do *radier*, foram dispostas guias de ancoragem provisórias em madeira, com ganchos metálicos, fixados na indústria. Após a concretagem, as guias foram substituídas por definitivas. Entretanto, devido à movimentação de funcionários na obra, as guias provisórias foram deslocadas, o que acarretou “retrabalho”, sendo necessário substituir alguns ganchos que não estavam na posição correta por parafusos do tipo *parabolt*.

A Figura 9A mostra o detalhe geral da fixação da guia de ancoragem, onde apenas uma guia é utilizada. Entretanto, como a base de concreto ficou desnivelada, foram usadas duas guias para permitir o posterior nivelamento do piso, como mostra a Figura 9B.



Figuras 9A e 9B: Detalhe da fixação das guias de ancoragem à base de concreto

## 2.2 Avaliação

### Modulação

É necessário maior rigor no controle dimensional dos diferentes subsistemas. No caso da utilização de *radier*, o ideal seria utilizar apenas parafusos do tipo *parabolt*, o que facilita o posicionamento das esperas (ganchos) após a concretagem e dispensa a utilização de guias provisórias. Com a utilização de sapatas corridas ou isoladas, fica ainda mais fácil evitar o deslocamento das esperas durante a concretagem, mantendo-se a precisão. Já com a utilização de vigas baldrame e contrapiso, as formas determinam o posicionamento correto dos ganchos de ancoragem, sendo esta uma solução de baixo custo e amplamente difundida.

### Menor variabilidade dimensional

Adotando-se como elemento de fundação sapatas corridas ou isoladas, piso e entrepiso teriam a mesma solução construtiva, o que reduz a variabilidade dimensional.

## 3 Parede

### 3.1 Descrição

O subsistema parede (Figura 10) possui função estrutural e de vedação. Está estruturado em painéis constituídos por ossatura e revestimento em ambos os lados. O revestimento interno trabalha estruturalmente, estabilizando os painéis. A vedação externa é realizada em tábuas do tipo *siding*. Os painéis são fixados ao piso por meio das guias de ancoragem. Sobre eles é pregada uma peça contínua de madeira (frechal), que completa a estabilidade do conjunto.

Os painéis são constituídos por módulos de 122 cm x 244 cm. Sua estrutura é composta de montantes com dimensões de 2,8 cm x 12 cm x 244 cm.

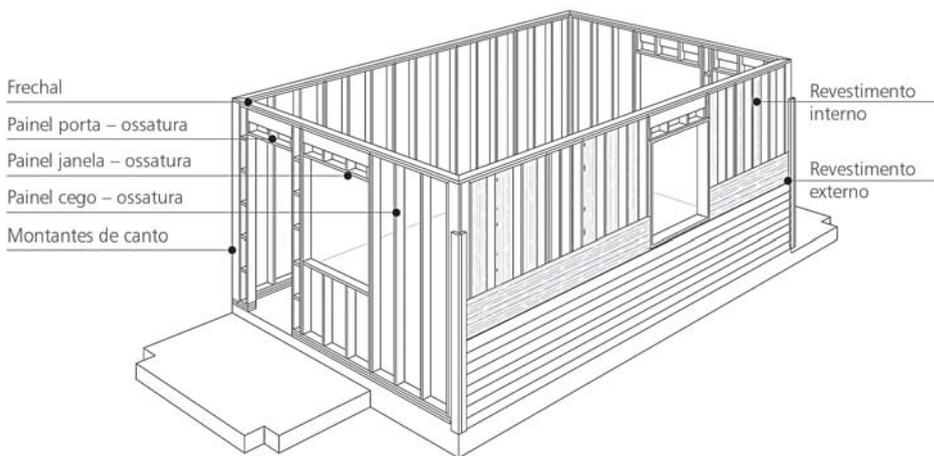


Figura 10: O subsistema parede

Existem os painéis porta, janela e cego, conforme a Figura 11.

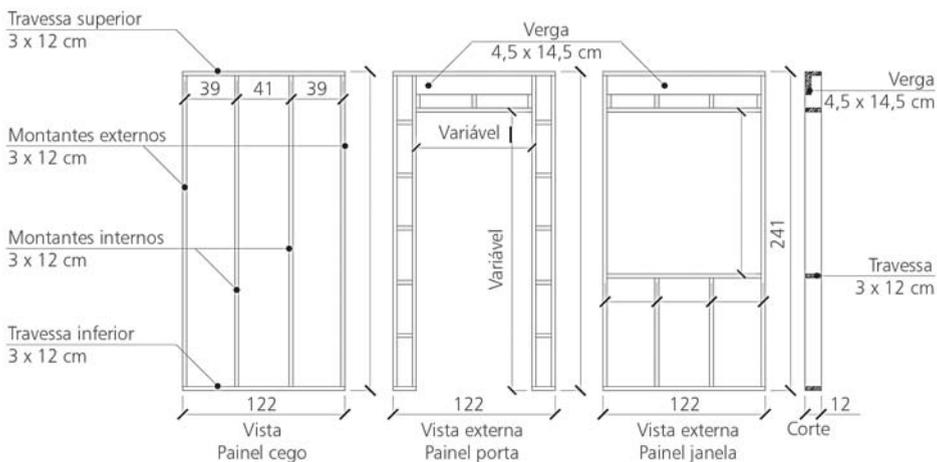


Figura 11: Detalhes dos painéis

Os revestimentos interno e externo são colocados após a instalação do telhado e das redes elétrica e hidráulica. Internamente, as paredes são fechadas por chapas de laminado compensado e gesso acartonado como acabamento. Exteriormente, os painéis recebem manta impermeabilizante

e tábuas horizontais do tipo *siding*. As divisórias internas recebem chapas de laminado compensado e placas de gesso acartonado nas duas faces. Apenas nos ambientes cozinha e banheiro a placa de gesso acartonado é substituída por revestimento cerâmico, aplicado sobre as chapas laminadas de madeira, com adesivo do tipo polimérico.

A Figura 12 mostra detalhes da junção entre parede, piso e entrepiso. Como no pavimento térreo é utilizada, a mais, a guia de ancoragem, com a qual é alinhada a chapa, os painéis do pavimento térreo precisam ter altura de 241 cm para compensar a diferença, diferentemente dos painéis do pavimento superior, que têm altura de 244 cm.

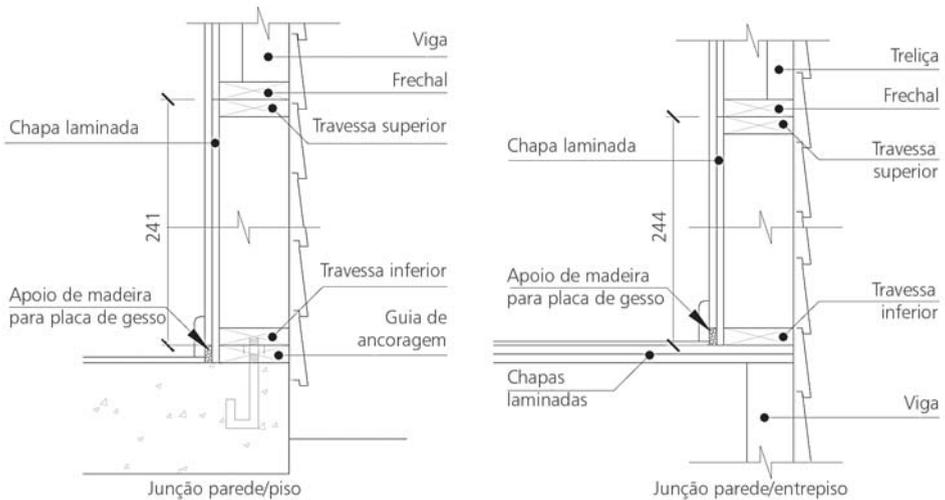


Figura 12: Detalhes de junção da parede com piso e com o entrepiso

## 3.2 Avaliação

### Modulação

Devido à espessura das chapas de fechamento (12 mm), a ossatura é composta de dois montantes nas extremidades, para fixar as chapas de revestimento, e de dois montantes intermediários, para evitar que ocorra a flambagem, resultando num espaçamento de 40 cm entre os montantes.

Esses montantes são fixados em guias de apoio, as travessas inferior e superior, com dimensões de 2,8 cm x 12 cm. Devido ao distanciamento, os painéis ficam mais rígidos, e as vigas do entrepiso e do telhado podem ser apoiadas em qualquer ponto. Entretanto, o apoio sobre os montantes evitará um maior esforço da travessa superior e o possível ruptura da estrutura. O conjunto de montantes, travessas e chapa laminada, formando os painéis, pode ser fabricado no canteiro ou na indústria, o que reduz, neste último caso, o tempo de execução.

De um modo geral, entretanto, o espaçamento entre os montantes não segue modulação constante, havendo ainda a introdução de *meio módulo* (0,61 cm x 2,41 cm) como estratégia de ajuste. Tal estratégia, além de aumentar o corte de chapas, interfere nos demais subsistemas, o que exige sistemáticos ajustes dimensionais. É importante que o sistema esteja baseado em modulação evidente, simplificando a instalação e a ampliação da edificação.

### **Maior pré-fabricação dos elementos construtivos**

O nível de pré-fabricação pode variar em função da escala de produção. No caso de habitações construídas isoladamente, recomenda-se que os painéis cheguem ao canteiro com a ossatura completa e que as chapas internas sejam fixadas em canteiro, imediatamente após a montagem da ossatura, simplificando o travamento e reduzindo a quantidade de escoras. No caso da produção de habitações em escala, os painéis podem chegar na forma de uma parede, com as chapas internas já fixadas. As dimensões das paredes estarão condicionadas às condições de transporte. O içamento pode ser feito por caminhão do tipo *muncie* e nos painéis onde ocorrem instalações. Uma vez que estão perfeitamente localizados em projeto, poderiam ser tratados de forma especial, reduzindo o nível de variabilidade destes elementos.

### **Menor variabilidade nas dimensões dos componentes**

Durante a execução, percebeu-se que os operários realizam recortes em montantes e travessas para a passagem das instalações de forma aleató-

ria, sem preocupação com as dimensões máximas permitidas para a seção de cada peça. Tais recortes podem afetar o desempenho estrutural da edificação, já que travessas e montantes compõem a estrutura portante.

Uma solução alternativa seria manter o distanciamento entre os montantes igual a 61 cm, ou seja, o meio módulo, sendo os montantes internos unidos e fixados no meio do painel. Essa mudança no posicionamento dos montantes internos exige que tanto as vigas do entrepiso quanto do telhado sejam apoiadas exatamente sobre tais montantes e que a chapa de revestimento aumente sua espessura de 12 mm para 15 mm. Essas alterações não elevam a qualidade da estrutura, porém exigem maior atenção e cuidado durante a montagem, o que aumenta, conseqüentemente, o tempo e o custo da obra. Para a aplicação do sistema na construção de habitação social, tal alternativa torna-se inviável, já que existe uma busca constante de redução do custo sem reduzir a qualidade da edificação.

A resolução dos cantos deve buscar maior padronização dos afastamentos, determinados pela espessura das chapas de vedação. Deve-se evitar a utilização de componentes de dimensões diferentes cumprindo o mesmo papel no sistema.

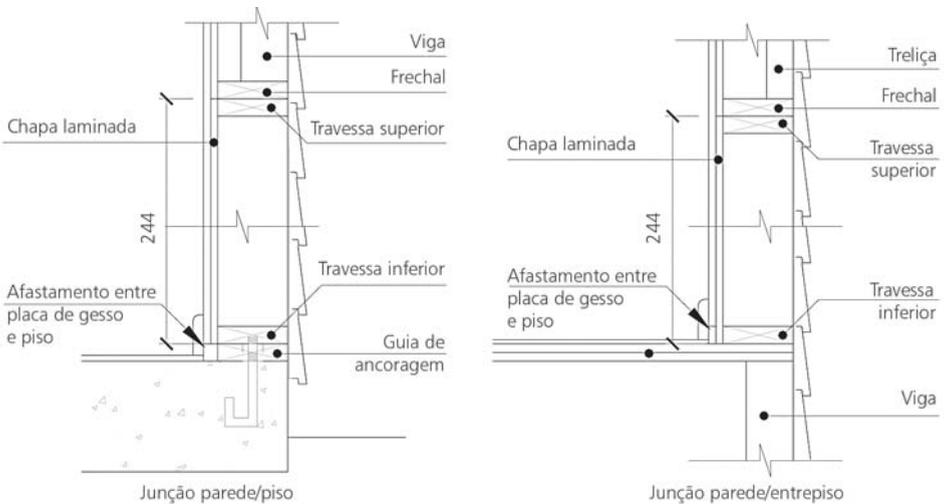


Figura 13: Detalhe proposto para a junção entre parede, piso e entrepiso

Na junção entre parede, piso e entrepiso, sugere-se que a chapa seja alinhada com a face inferior da travessa do painel, ficando assim afastada do piso, o que, além de igualar a altura dos painéis entre pavimentos, evita o contato da chapa com a umidade do piso. Do mesmo modo, recomenda-se que a placa de gesso acartonado fique afastada do piso, eliminando-se a ripa de madeira que cumpre essa função (Figura 13).

### **Simplicidade nas ligações e utilização de componentes não onerosos**

O revestimento cerâmico de cozinha e banheiro é fixado por adesivo, o que onera o sistema. Em habitações de baixo custo, tal elemento pode ser substituído por laminado melamínico ou chapas texturizadas, também produzidas pela empresa, com acabamento em pintura acrílica, ou ainda placas de gesso acartonado hidrófugo, também com pintura acrílica.

### **Fácil compreensão das possibilidades de ampliação por parte do usuário**

Tendo como objetivo a incorporação de atributos de flexibilidade, foi incorporado ao projeto um dispositivo removível, conduzindo a ampliação, quando ocorrer, o que reduz ao mínimo o desperdício e o retrabalho. O dispositivo ou *operador* da flexibilidade foi o painel janela, instalado na lateral da edificação. No momento da ampliação, o painel é retirado, sendo substituído por um painel porta, e reinstalado em local previamente indicado, na parede nova.

No caso do protótipo executado, a indicação de remoção não ocorreu em ambos os lados da parede, apenas no exterior, como mostram as Figuras 14 e 15, o que pode dificultar o entendimento por parte do usuário. Recomenda-se que o revestimento, em ambos os lados, seja cortado e que as juntas coincidam com as extremidades do painel a ser removido. Sobre as juntas propõe-se a utilização de vistas que farão a fixação. Assim, com a retirada das vistas, o revestimento interno é removido.



Figura 14: Corte nas tábuas de siding



Figura 15: Chapas sem cortes e dispostas horizontalmente

A esquadria e a ossatura do painel abaixo da esquadria devem ser fixadas aos painéis adjacentes com parafusos, facilitando sua retirada e reutilização em novo local, como mostra a Figura 16.

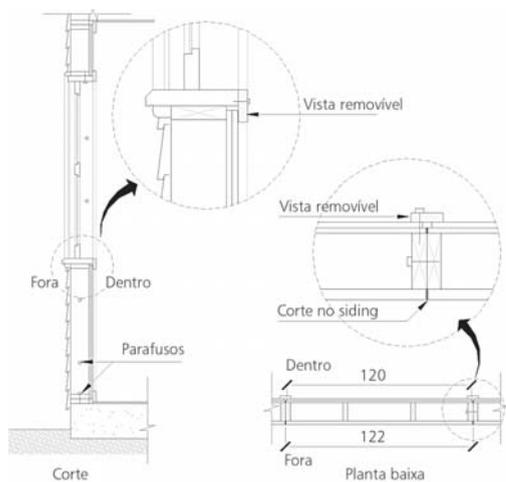


Figura 16: Solução para o painel removível

### 3.3 Outros problemas identificados

#### Estanqueidade à água

A forma como as tábuas de *siding* encontram o acabamento de canto não impede a entrada de umidade no topo da tábua (Figura 17). Neste caso, recomenda-se o tratamento do topo da tábua de *siding* com o mesmo *stain* aplicado sobre a superfície exposta. Na junção do revestimento externo com as esquadrias, a manta é dobrada, o que não impede a infiltração de água e agrava a situação (Figura 18).



Figura 17: Encontro entre o *siding* e o acabamento de canto



Figura 18: Manta dobrada na junção com a esquadria

#### Má utilização da manta

A manta impermeabilizante de polietileno expandido utilizada na parede, com uma das faces aluminizada, tem também a função de isolamento térmico, funcionando como barreira radiante. No protótipo, a manta foi utilizada com a superfície aluminizada voltada para fora e encostada nas tábuas de *siding*, conforme mostraram as figuras anteriores. Isso prejudica o desempenho do conjunto, já que para a manta funcionar como barreira radiante é necessário que se tenha uma camada de ar adjacente à face aluminizada.

A tabela abaixo mostra propriedades térmicas da parede com a face aluminizada da manta voltada para fora (sem barreira radiante) e voltada para dentro (com barreira radiante). O procedimento de cálculo das propriedades e a comparação com valores de conforto foram feitos de acordo com o projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações (1998), partes 2 e 3. Foram adotados os valores recomendados pelo projeto de norma para as zonas bioclimáticas 1, 2, 3 e 5, que são as zonas presentes em Santa Catarina. Observa-se que o desempenho do subsistema melhora quando a face aluminizada da manta fica voltada para dentro da edificação.

Propriedade térmica	Unidade	Parede sem barreira radiante	Parede com barreira radiante	Valores recomendados para ZB 1 e 2	Valores recomendados para ZB 3 e 5
Transmitância (U)	W/(m <sup>2</sup> .K)	1,46	1,17	U ≤ 3,00	U ≤ 3,60
Atraso térmico (ϕ)	horas	2,18	2,43	ϕ ≤ 4,3	ϕ ≤ 4,3
Fator solar (FS)	%	1,75	1,4	FS ≤ 5,0	FS ≤ 4,0

Tabela 1: Propriedades térmicas da parede e comparação com valores de conforto

### Inspeção das instalações

As instalações hidráulicas foram executadas no sistema PEX, descrito no subprojeto 3. Neste sistema, não há necessidade de cortes das paredes para inspecionar as instalações, pois a inspeção é feita de onde partem os tubos. Entretanto, em função do alto custo do sistema PEX, deve-se considerar a utilização de sistema tradicional com tubos de PVC. Neste caso, é necessária a criação de uma janela de inspeção, conforme proposta da Figura 19.

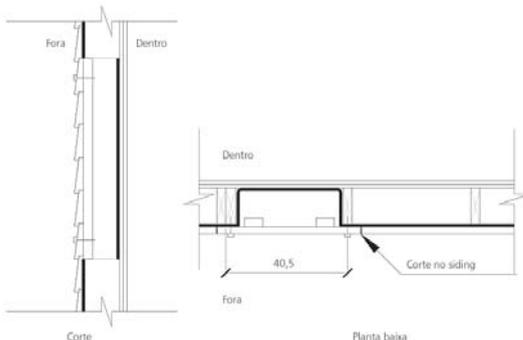


Figura 19: Quadro de inspeção

## 4 Entrepiso

### 4.1 Descrição

O subsistema entrepiso é estruturado por vigas de laminada colada, vigas de seção “I” com alma de chapas sarrafeadas (Figura 20), barrotes maciços. No protótipo, o fechamento é feito por camada dupla de chapas laminadas que auxiliam no travamento do conjunto.

As vigas “I” têm seção 8 cm x 22 cm. É um elemento novo no mercado e encontra-se em fase de análise de desempenho estrutural. Um dos problemas da utilização da viga “I” é que seu comprimento máximo atinge somente 6 m, o que limita a sua utilização na construção civil.

As vigas MLC estão dispostas no sentido do menor vão e foram pregadas ao frechal do pavimento térreo. As vigas “I” foram ligadas perpendicularmente às MLC, através de cantoneiras metálicas. Os barrotes estão dispostos perpendicularmente às vigas “I” e ligados através de cantoneiras metálicas e encaixe (Figura 21). Para o fechamento foram utilizadas chapas laminadas de 15 mm de espessura, dispostas em duas camadas intertravadas (Figuras 22A e 22B), melhorando o desempenho estrutural e acústico. Não foram utilizadas chapas abaixo da estrutura do entrepiso, ficando esta aparente.

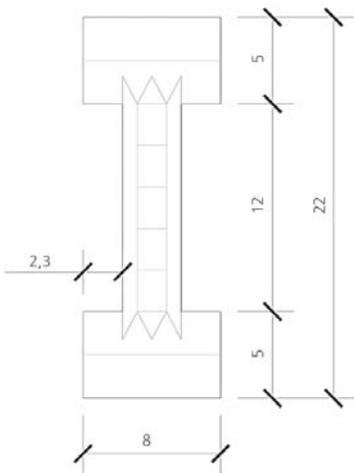


Figura 20: Viga “I”



Figura 21: Ligação entre os componentes da estrutura do entepiso



Figura 22A: Colocação das chapas laminadas

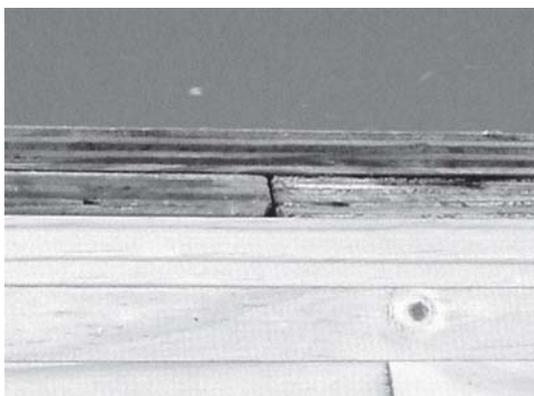


Figura 22B: Duas camadas de chapas

No banheiro foi adotada solução diferenciada em função da necessidade de estanqueidade. A estrutura corresponde a um bastidor de madeira composto de barrotes maciços fechado por chapas laminadas (Figuras 23 e 24). Na área do box foi executado um rebaixamento na estrutura, além de uma inclinação para escoamento da água. Abaixo do banheiro, chapas laminadas cumprem o papel de forro, o que facilita a inspeção e a manutenção do sistema.



Figura 23: A estrutura sob o banheiro



Figura 24: Rebaixamento na área do box

## 4.2 Avaliação

### Modulação

No posicionamento das vigas MLC, a modulação original não foi respeitada. Devido a isso, as vigas apóiam-se no vão entre os montantes, e



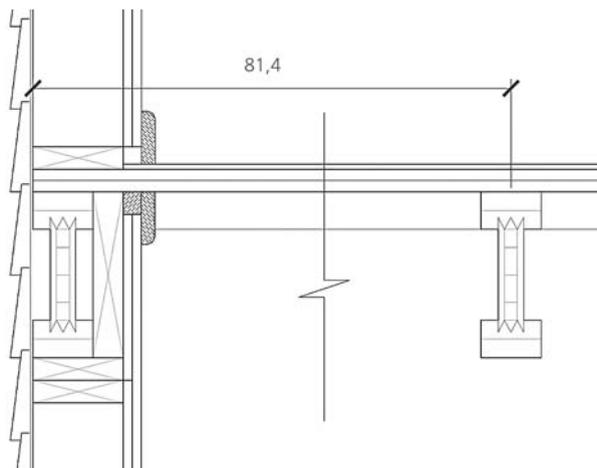


Figura 26: Corte longitudinal

A ampliação deve ocorrer sem prejuízos na parte existente e na ampliada

A Figura 27 apresenta proposta para a junção entre o entrepiso existente e o novo em caso de ampliação.

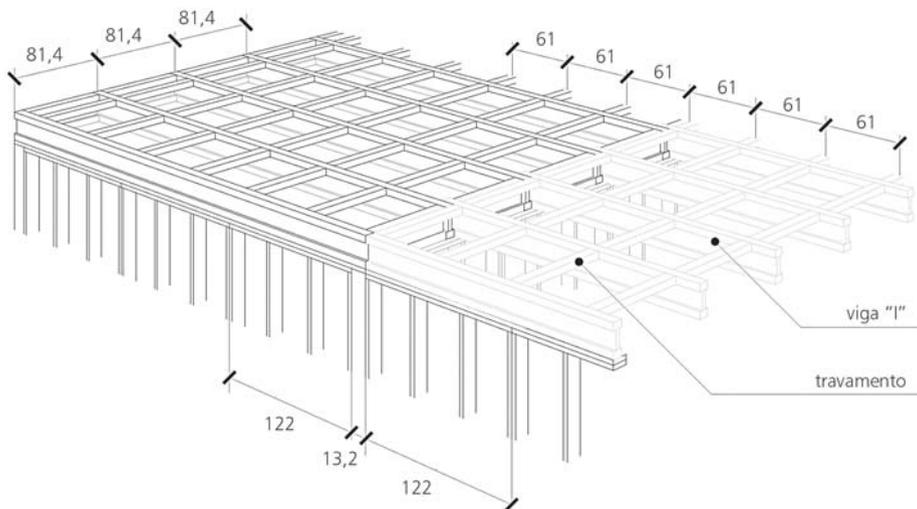


Figura 27: Estrutura do entrepiso no caso de ampliação

## 4.3 Outros problemas identificados

### Isolamento acústico

O protótipo tal como foi executado apresentou certo nível de ruído através do entrepiso. Não foi possível aprofundar essa questão, mas pode-se considerar como alternativa a incorporação de manta isolante inerte, como a lã de rocha, no interior da dupla camada de acabamento do piso, o que proporciona melhor desempenho acústico.

## 5 Telhado

### 5.1 Descrição

O subsistema telhado é formado pelas treliças, a subcobertura e a cobertura em telhas de madeira, conforme indicado na Figura 28. As treliças são de madeira maciça, confeccionadas com conectores metálicos estampados (chapa prego) e chapas de madeira laminada de 12 mm de espessura, que fazem o travamento e funcionam como subcobertura. Sobre as chapas foram pregadas duas contra-ripas, que fazem a fixação da manta impermeabilizante, e sobre elas estão pregadas as ripas de seção 3 cm x 6 cm e telhas de madeira com dimensões de 40 cm x 20 cm.

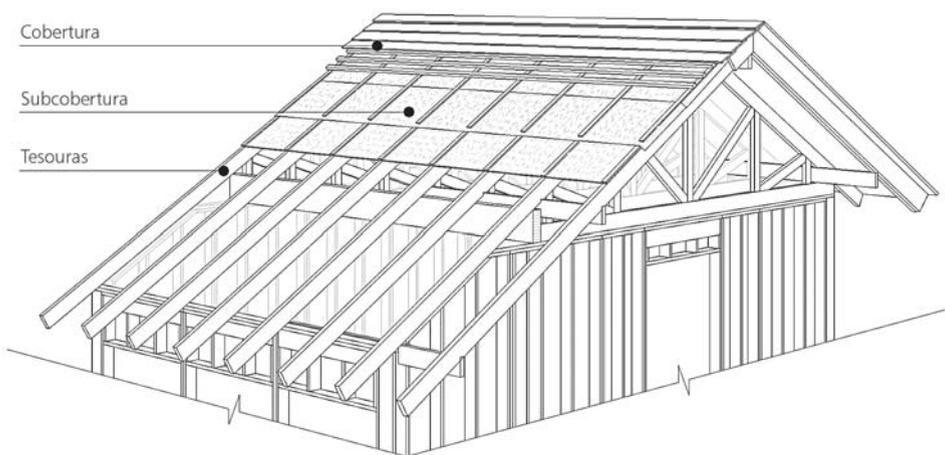


Figura 28: Subsistema telhado

As telhas de madeira também são feitas a partir de laminado compensado. São pregadas em dupla camada sobre ripas de madeira maciça (Figuras 29 e 30). Tábuas de beiral fazem o acabamento, protegendo o topo dos componentes, e a cumeeira é executada em dupla camada.



Figura 29: Colocação das telhas

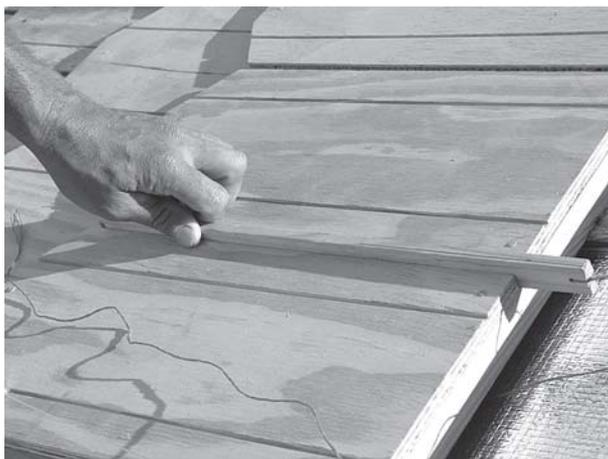


Figura 30: Utilização de gabarito para espaçamento das telhas

## 5.2 Avaliação

### Modulação

Na instalação das treliças, a modulação original não foi considerada, acarretando em cortes nas chapas de subcobertura e o conseqüente des-

perdício de tempo e material. Ainda em função disso, as treliças apóiam-se muitas vezes sobre o vão entre os montantes da ossatura das paredes, e não no alinhamento destes, como mostra a Figura 31.

O número de treliças utilizadas foi superior ao especificado pelo projeto. Houve problemas na instalação da caixa d'água, de dimensões maiores que o espaçamento resultante (65 cm). Foi necessário recortar uma das treliças para que a caixa d'água pudesse ser posicionada. Este recorte reduziu a resistência da treliça, mas não interferiu na resistência do telhado, compensada pelas treliças excedentes.

A fim de padronizar as dimensões e evitar recortes, propõe-se que as treliças mantenham um espaçamento de 81,4 cm, ou seja,  $1/3$  dos 244 cm da chapa laminada utilizada na cobertura, como mostra a Figura 32. Para reforçar a estrutura e fixar a chapa de subcobertura, propõe-se a utilização de barrotes de travamento a cada 122 cm de distância.

Com o aumento do distanciamento entre as treliças, foi necessário verificar se as ripas utilizadas (seção 3 cm x 6 cm) suportariam o vão com segurança. Através dos cálculos foi confirmado que as ripas suportam sem problemas o telhamento de madeira com as treliças dispostas, conforme proposta.



Figura 31: Falta de alinhamento com montantes da ossatura

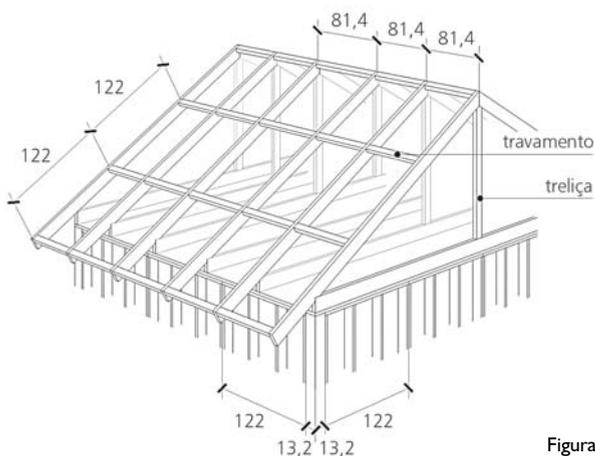


Figura 32: Estruturação do telhado proposta

### Maior pré-fabricação dos elementos construtivos

As treliças são elementos pré-fabricados. Entretanto, no caso da construção em ciclo aberto, seria mais adequado que as treliças fossem confeccionadas no próprio canteiro, permitindo variações nos vãos e na inclinação.

### Simplicidade nas ligações e utilização de componentes não onerosos

Os conectores metálicos utilizados na confecção das treliças são onerosos, tanto pelo custo do material quanto por exigir mão-de-obra especializada. Podem ser substituídos por ligações parafusadas, realizadas em canteiro, através do uso de ferramentas simples.

### Adequação do peso e dimensões dos componentes ao transporte e montagem

No caso de a montagem das treliças ocorrer no canteiro, estas poderiam ser confeccionadas sobre o entrepiso, facilitando sua instalação no telhado. As treliças podem ainda ser substituídas por sistema convencional de cobertura com somente duas treliças formando os oitões, apoiando terças, caibros e ripas, com chapas laminadas pregadas sobre os caibros. Como isso implicaria sobrecarga das paredes que apoiariam os oitões, seria necessário reforçar os cantos com pilares.

## A ampliação deve ocorrer sem prejuízos da parte existente

Conforme citado na avaliação do subsistema parede, é necessário resolver a junção entre telhado ampliado e parede existente. Vale lembrar que a utilização de madeira na estrutura do telhado facilita, em princípio, o desmonte e a reutilização no caso de ampliações.

### 5.3 Outros problemas identificados

#### Má utilização da manta

Assim como ocorreu nas paredes externas, a manta impermeabilizante utilizada na subcobertura tem também a função de isolamento térmico, funcionando como barreira radiante. No caso de a face aluminizada ficar voltada para baixo, a radiação é reduzida devido à baixa emissividade desse material. Já com a face aluminizada voltada para cima, parte da radiação é refletida, reduzindo a radiação no interior do ambiente (AKUTSU; SATO; VITTORINO, 2003). Entretanto, o desempenho da manta com a face aluminizada voltada para cima é prejudicado pelo acúmulo de poeira. Sendo assim, a equipe de pesquisa defende a utilização correta desse tipo de manta, ou seja, com a face aluminizada voltada para dentro.

A tabela a seguir apresenta valores de propriedades térmicas da cobertura com e sem barreira radiante, e a comparação com os valores de conforto. Os procedimentos de cálculo foram feitos de acordo com o Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações (1998), partes 2 e 3. Foram adotados os valores recomendados pelo projeto de norma para as zonas bioclimáticas (ZB) 1, 2, 3 e 5, presentes em Santa Catarina.

Propriedade térmica	Unidade	Cobertura sem barreira radiante	Cobertura com barreira radiante	Valores recomendados para ZB 1 e 2	Valores recomendados para ZB 3 e 5
Transmitância (U)	W/(m <sup>2</sup> .K)	1,12	0,91	U ≤ 2,00	U ≤ 2,00
Atraso térmico (Φ)	horas	2,01	2,36	Φ ≤ 3,3	Φ ≤ 3,3
Fator solar (FS)	%	1,34	1,09	FS ≤ 6,5	FS ≤ 6,5

Tabela 2: Propriedades térmicas do subsistema telhado e comparação com valores de conforto

Observa-se que nos dois casos o conjunto enquadra-se nos valores recomendados pela norma, entretanto o desempenho melhora quando a face aluminizada da manta fica voltada para dentro da edificação. Propõe-se ainda a utilização de um contra-caibro de maior altura, como indicado na Figura 33, a fim de afastar a manta da subcobertura. Esse contra-caibro pode ser o mesmo componente ripa, com a maior dimensão, 48 mm, correspondendo à altura.

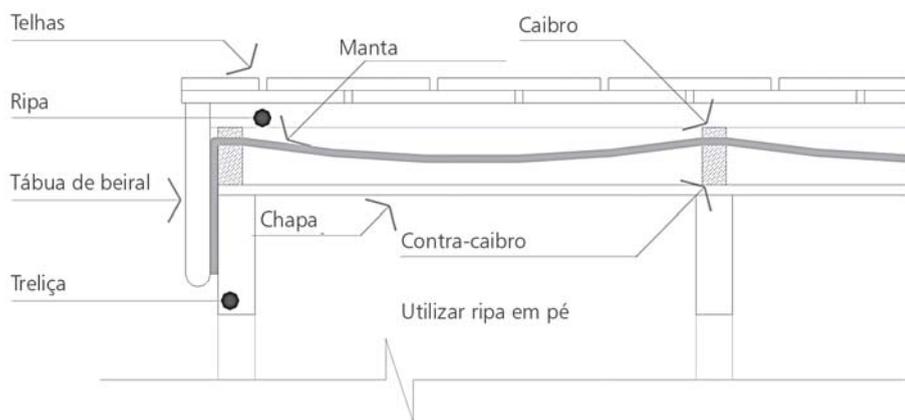


Figura 33: Camada de ar entre chapa e manta

## 6 Instalações elétricas

### 6.1 Descrição

Para o desenvolvimento do projeto de instalações elétricas do protótipo foi utilizado o programa Lumini, que permitiu melhor sistematização do projeto. O tratamento integrado da análise e revisão do sistema de instalações elétricas ficou, desta forma, facilitado, introduzindo para a equipe de trabalho uma ferramenta de alto desempenho para o acompanhamento de projeto de instalações elétricas.

A execução das instalações elétricas (Figuras 34 e 35) foi realizada através de dutos flexíveis inseridos na câmara interna da parede e de caixas de tomadas e interruptores convencionalmente utilizados. As instalações

telefônicas também foram embutidas na câmara interna da parede. Os montantes facilitaram a passagem da tubulação, pois estes eram furados com uma serra-copo. Eles foram cobertos por chapas de madeira, escondendo as tubulações e evitando o tradicional retrabalho. O sistema adotado é monofásico, cuja alimentação chega à caixa de medição no térreo e a conduz até a única caixa de distribuição, situada no pavimento superior.

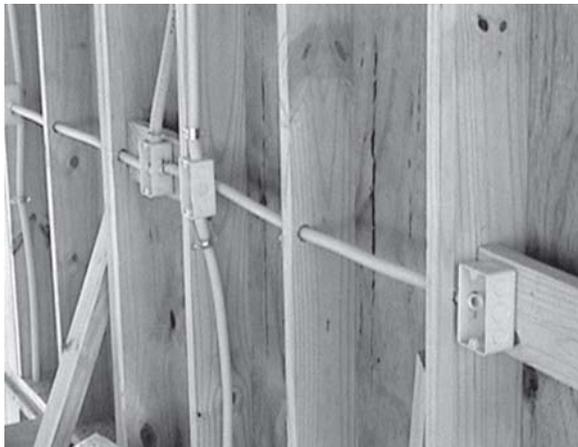


Figura 34: Eletrodutos flexíveis e caixas fixadas nos montantes

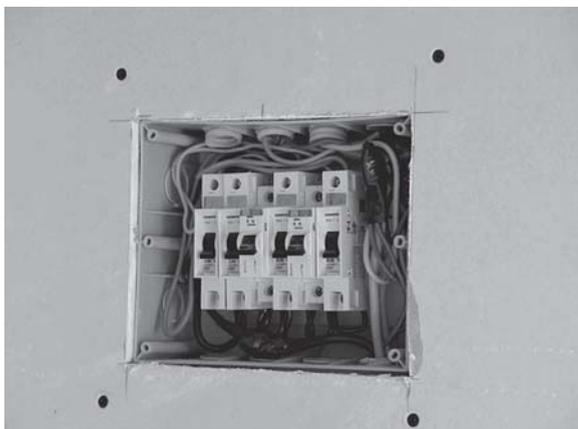


Figura 35: Caixa com disjuntores na ligação monofásica

## 6.2 Avaliação

Algumas ferramentas do programa facilitaram o desenvolvimento e a avaliação da construtividade do protótipo ainda no processo projetual. A

biblioteca disponibiliza condutos e caixas que apresentam, além das características de desenho, dados necessários ao dimensionamento e quantificação, o que pode gerar rapidamente uma lista de materiais.

A busca de peças adequadas, com base nas características dos elementos de projeto, é realizada no cadastro que o programa oferece, sem que se perca muito tempo no processo. O programa também facilita a avaliação global do projeto elétrico, através da visualização como um todo, especificando todos os elementos e informando sobre possíveis erros na instalação.

A passagem do eletrodutos através dos montantes é realizada facilmente com furadeira com serra-copo. Entretanto, as caixas de tomadas e interruptores exigem a colocação de uma travessa horizontal, pregada entre dois montantes, o que representa um pequeno aumento de insumos de materiais e de mão-de-obra. Como recomendação, pode-se buscar uma maneira de fixar as caixas diretamente sobre os montantes, através de recorte e encaixe ou de caixas que possam ser parafusadas lateralmente. A utilização do software Lumini permitiu agilidade no processo de dimensionamento e detalhamento, com geração de planilhas de quantitativos, quadro de cargas e do diagrama unifilar. Em função da simplicidade de instalações e equipamentos, optou-se por instalação monofásica.

## 7 Instalações hidrossanitárias

### 7.1 Descrição

O desenvolvimento do projeto das instalações hidrossanitárias utilizou o programa Hydros/Alto QI. A aplicação desse programa permitiu o tratamento sistematizado do projeto, com níveis de detalhamento que teriam sido mais difíceis de alcançar com outro instrumento. O tratamento integrado da análise e revisão do sistema ficou facilitado, introduzindo na pesquisa uma ferramenta de alto desempenho para o acompanhamento do projeto.

Algumas ferramentas facilitaram o desenvolvimento e a avaliação da construtividade ainda no projeto. Os tubos e conexões estão associados a dados de dimensionamento e quantificação, podendo ser geradas listas de materiais. A ferramenta também facilita a busca de peças alternativas e permite a visualização da rede como um todo, especificando os elementos e informando sobre possíveis erros cometidos.

No desenvolvimento do projeto optou-se pela execução de um banheiro no pavimento superior, com a finalidade de buscarem-se soluções alternativas para a execução das zonas úmidas, críticas em construções em madeira. Para tal utilizaram-se componentes industrializados (Figura 36) capazes de proporcionar a funcionalidade necessária às instalações e garantir estanqueidade desses ambientes.

O banheiro é composto de um módulo de 122 cm de largura e de três módulos de 122 cm de comprimento (Figuras 37 e 38). Na instalação, foi utilizado um bastidor de sustentação em madeira. O piso do box foi fabricado em GRC (*Glass Reinforced Concrete*) e o restante foi elaborado com placas cimentícias. A base do box é composta de elemento monolítico com argamassa reforçada com fibra de vidro resistente aos álcalis.

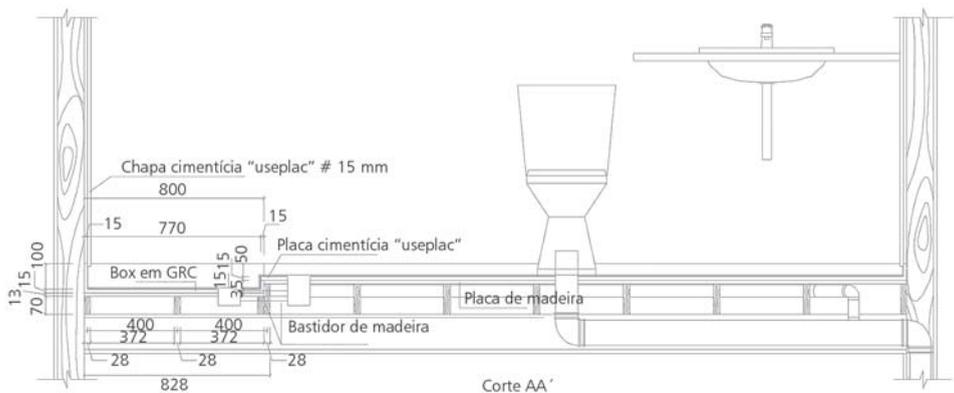


Figura 36: Corte longitudinal da laje do banheiro

O compósito GRC permitiu leveza (Figuras 39 e 40), resistência e facilidade de moldagem, além de estanqueidade à base do box, que apresenta espessura de 1,5 cm. O molde foi executado com chapa de MDF, garantindo os caimentos necessários para a coleta da água servida. Os elementos pré-fabricados têm a vantagem de serem apenas montados no local da obra, eliminando o trabalho artesanal e diminuindo o tempo de serviço e, conseqüentemente, o valor gasto com a mão-de-obra.

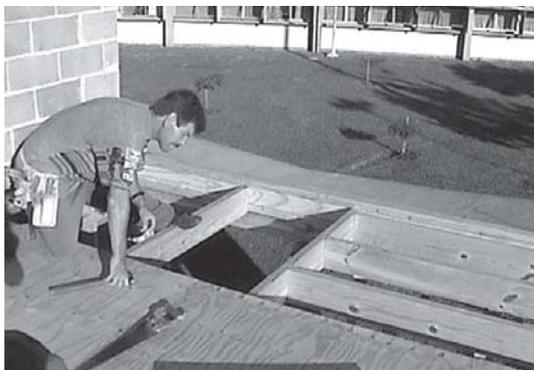


Figura 37: Estrutura da laje do banheiro

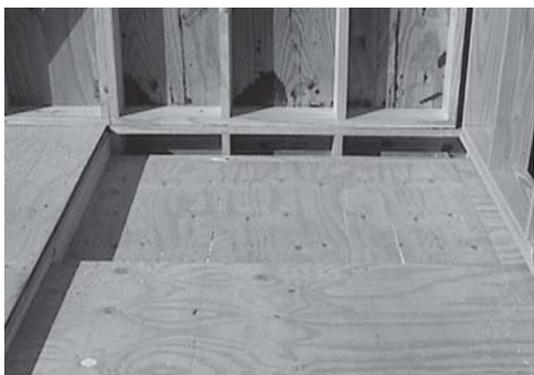


Figura 38: Piso em chapa de madeira com caimento do box

A colocação de revestimentos cerâmicos nas paredes com chapas de madeira foi realizada com adesivo epóxi específico para essa finalidade. Os revestimentos cerâmicos de pisos foram realizados sobre placas cimentícias, recobertas com uma camada de fibra de vidro com resina poliéster. Para facilitar a inspeção e manutenção das instalações hidráulicas, assim como sua durabilidade, optou-se pelo sistema PEX (polietileno reticulado) (Figura 41).



Figura 39: Desmolde do box em GRC



Figura 40: Aplicação da fibra de vidro

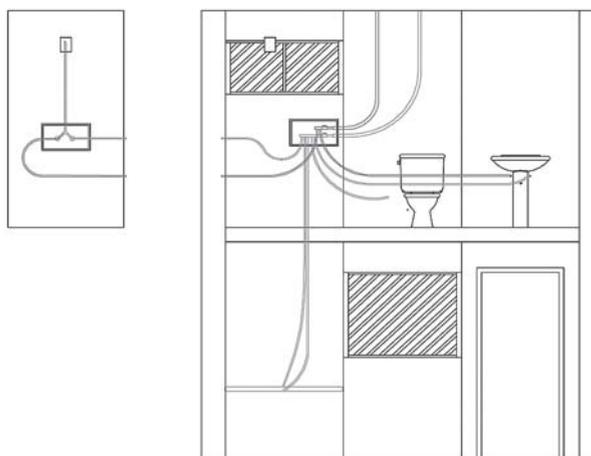


Figura 41: Distribuição de água com sistema PEX

Optou-se pelo sistema PEX visando avaliar as facilidades construtivas e de rapidez de instalação. A colocação da tubulação flexível (Figuras 42 e 43) é rápida, pois não existem conexões intermediárias entre a caixa de distribuição e os aparelhos sanitários. Esse sistema possibilita a inspeção e troca rápida de toda a tubulação. Pode-se utilizá-lo tanto em paredes de alvenaria quanto no tipo *dry wall*, sendo especialmente recomendada para casas industrializadas em madeira. Não requer nenhuma ferramenta de trabalho, exceto um cortador e uma chave simples, o que permite sua instalação na metade do tempo em comparação aos sistemas convencionais de tubulações de água fria e água quente.



Figura 43: Colocação dos tubos PEX

108

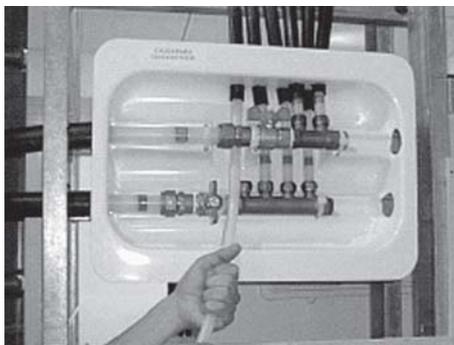


Figura 44: Instalação do quadro de distribuição  
([www.pexdobrasil.com.br](http://www.pexdobrasil.com.br))

A rede possui o mesmo conceito de uma instalação elétrica: o tubo “PEX” é introduzido dentro de um tubo condutor (PeBD), que o guia desde a caixa de distribuição até o ponto de consumo. A água corre por um sistema de tubos extremamente flexíveis e resistentes, sem conexões intermediárias, o que permite a inspeção, troca e manutenção sem quebras de revestimentos e paredes. O conceito primordial desse sistema é garantir a acessibilidade às instalações em caso de eventual manutenção. O sistema não oferece risco de vazamentos, pois o tubo é contínuo, sem emendas desde o abastecimento até o ponto de consumo. Deve-se cortar o tubo apenas com a tesoura para que fique reto e se encaixe perfeitamente na conexão, o que elimina riscos de vazamentos.

No gabinete se instalarão dois distribuidores: um para água fria e outro para água quente. Deve-se deixar espaço para facilitar o acesso aos distribuidores e à tubulação de água quente, água fria e os grifos. A fixação do tubo-guia dentro das paredes e embaixo do piso se fará pelo caminho mais curto e de forma contínua desde o distribuidor até os pontos de consumo. O tubo-guia deve ser instalado antes da introdução dos tubos PEX.

O acoplamento dos conectores de metal ao tubo PEX é realizado pela colocação do casquilho e do anel sobre o tubo. O ajuste do casquilho é feito com a chave de aperto. O raio mínimo permitido para fazer curvas é de  $8 \times f$  do tubo. Para obter raios de curvatura menores, não se deve utilizar chama direta; deve-se usar sopradores de ar quente. Fora do *shaft*, utiliza-se para fixação dos distribuidores uma caixa plástica fixada à estrutura da edificação por meio de braçadeiras, como mostra a Figura 44, acima. No caso de paredes em alvenaria, essa caixa é cimentada na própria parede. Assim como os distribuidores, quando não se tem *shaft*, utiliza-se para fixação do misturador e dos registros de pressão uma caixa plástica, fixada à estrutura também por meio de braçadeiras. As instalações do esgoto e tubos de ventilação foram executadas em PVC, com as colunas do

banheiro descendo através da laje de entrepiso e da câmara interna das paredes, conforme mostra a Figura 45.

O tubo de queda com diâmetro (100 mm) provocou uma descontinuidade nas travessas do entrepiso, como pode ser visto na Figura 46.



Figura 45: Ventilação do esgoto



Figura 46: Tubulação de esgoto na laje de entrepiso

A Figura 47 permite a visualização do conjunto do banheiro, com seus elementos constituintes.

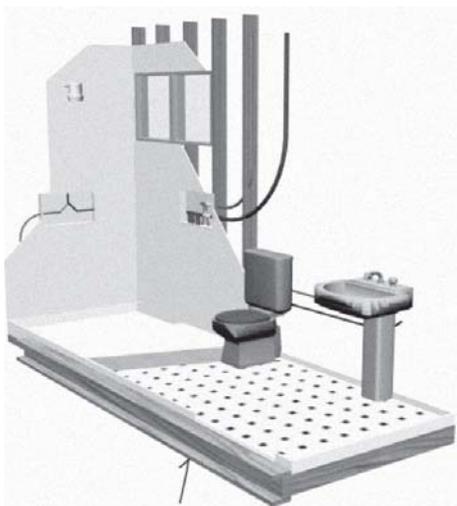


Figura 47: Vista do banheiro com seus componentes industrializados

## 7.2 Avaliação

A biblioteca disponibilizada pelo programa Hydros permite facilidade na escolha de condutos e caixas, realizando automaticamente o seu dimensionamento e quantificação, o que pode gerar rapidamente a lista de materiais. O programa também facilita a avaliação global do projeto elétrico, através da visualização global, especificando todos os elementos e informando sobre possíveis erros na instalação. O sistema de instalação hidrossanitária mostrou-se compatível com o sistema de vedações em chapas de madeira e câmara de ar interna com 12 cm de espessura.

111

O sistema PEX, por ter poucas conexões entre o reservatório e os aparelhos, facilita a passagem através dos montantes e permite fácil manutenção da tubulação. As instalações sofreram alterações durante a execução da obra em função do deslocamento da janela do box. A caixa de distribuição, inicialmente prevista em um *shaft* junto ao box, foi deslocada para o contraforro, com acesso por um alçapão, exigindo que o usuário utilize

uma escada para manutenção. No entanto, pode-se melhorar essa manutenção concentrando as prumadas em *shafts* inspecionáveis externamente, sem interferir na utilização da edificação. No protótipo, o sistema foi executado somente para água fria. O aquecimento da água do banho é realizado por chuveiro elétrico.

Outra possibilidade construtiva que pode contribuir para a redução dos custos é a realização das instalações hidráulicas com PVC, com prumadas localizadas em *shafts*. A distribuição da água até o local de utilização é feita de maneira semelhante à do sistema adotado, furando-se os montantes para a passagem das tubulações. Dessa maneira, as conexões entre o reservatório e o ponto de utilização são minimizadas, contribuindo para a redução do custo de instalações. O *shaft* pode ser acessado através de uma janela de inspeção externa, executada com o mesmo material do revestimento das paredes.

O box construído com GRC (Figuras 48 e 49) apresentou rigidez, leveza e estanqueidade compatíveis com a função a desempenhar. Como experimento, utilizou-se também a solução em fibra de vidro com poliéster, o que garante igualmente a estanqueidade do piso. No entanto, em uma casa popular, isso pode elevar os custos quando aplicado simultaneamente.

A opção com placa cimentícia adotada na parte restante do banheiro resultou na mais cara das alternativas analisadas. Em futuros experimentos poder-se-ia especificar a impermeabilização com manta asfáltica, após a colocação da chapa de madeira, que já provê os caimentos necessários. Em cima da argamassa coloca-se a manta asfáltica com espessura de 3 mm. Esta pode ser aplicada diretamente sobre a chapa de madeira com os seus cantos arredondados com massa epóxi. Tal alternativa permite a estanqueidade do sistema, com preços provavelmente mais acessíveis que os das propostas anteriores.

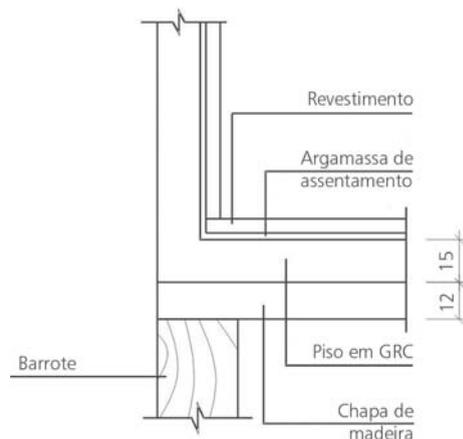


Figura 48: Box em GRC e revestimento cerâmico

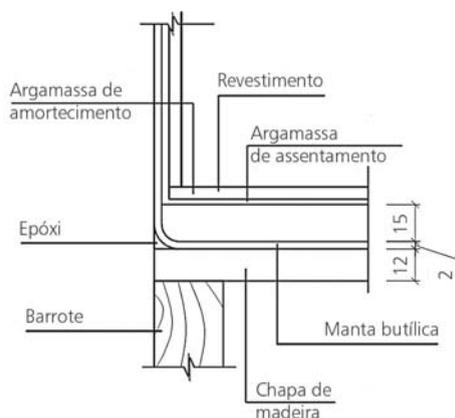


Figura 49: Box com chapa de madeira e manta bitúlica

O bastidor inferior do piso do banheiro inicialmente previa caibros transversais. Em função da unificação do esgoto das duas casas, o tubo de queda originalmente previsto junto à parede dos fundos passou para a parede lateral, exigindo a colocação de dois caibros longitudinais para facilitar a instalação do tubo. Recomenda-se para futuros projetos que o tubo de queda esteja o mais próximo possível do vaso sanitário.

## Bibliografia

ANALYSIS v1.25. **Programa Analysis para avaliação bioclimática e conforto térmico.** Florianópolis: LMPT/EMC – NPC/ECV/UFSC, 1994.

BENSON, T. **The timber-frame home-design, construction and finishing.** 2<sup>nd</sup> Ed. Newtown, USA: The Taunton Press, 1997.

**CIRIA.** Wall Technology. **Especial Publication 87.** London, 1996.

CONSTRUCTION DE MAISON OSSATURE BOIS – CANADÁ. SCHL – Société Canadienne d’Hypothèque et de Logement, Toronto, 1997.

CTBA. Centre Technique du Bois et de l’Ameublement. **Construction à ossature bois.** Paris: Éditions Eyrolles, 1995.

GOTZ, K.; HOOR, D.; MOHLER, K.; NATERRER, J. **Construire en bois: choisir, concevoir et réaliser.** Lausanne: Presses Politechniques Romandes, 1987.

LAMBERTS, R.; NICOLAU, V. P.; PHILIPPI, P. C. Comportamento térmico de edificações: simulação numérica e medição das propriedades dos materiais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES. **Anais...**, Epusp, 1989.

NUNNALLY, S. W. **Construction-methods and management.** 3<sup>rd</sup> Ed. New Jersey: Prentice Hall Career & Technology, 1993.

PINILLA VELASCO, F. **Diseno de cerramientos en edificación: analisis y comportamiento higrotérmico.** Col. Arquitectos de Madrid, 1983.

PEREIRA, F. O. R.; CUNHA NETO, J. A. B. Princípios para otimização do desempenho térmico de componentes da edificação. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., UFSC. **Anais...** Florianópolis, SC, 1988.

PROVENZANO, T.; Conti, L. H.; VEFAGO, L. H. **Habitação modular com madeira de reflorestamento de interesse social**. Projeto Prêmio Caixa - IAB 2001, 4º colocado – modalidade estudantil. Orientadores Barth, F. e Szücs, C. P. UFSC, 2001.

SZÜCS, C. P. **Système ouvert de construction en bois pour la maison populaire, applique a une systematique autoconstructive, comme une reponse a la demande d’habitations dans la region sud-bresilienne**. Tese, LFM, Metz, França, 1991.

SZUCS, C. P. Walter Segal: uma arquitetura de madeira; um método de trabalho. **Revista Projeto**, Rio de Janeiro, v. 154, p. 63-66, 1992.

TIMBER ENGINEERING. **Step 2: design, details and structural systems**. 1<sup>st</sup> Ed. Holanda: Centrum Hout, 1995.



**Cristina Guimarães Cesar** é engenheira civil (2001) pela Universidade de Passo Fundo (RS) e doutoranda em Construção Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. É integrante desde 2002, do Grupo de Desenvolvimento de Sistemas em Alvenaria Estrutural (GDA) do Núcleo de Pesquisas em Construção da UFSC. Em 2004, executou juntamente com outros pesquisadores um Protótipo em Painéis Pré-fabricados com Blocos Cerâmicos.

E-mail: [cristinagcesar@gmail.com](mailto:cristinagcesar@gmail.com)

**Humberto Ramos Roman** é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutor (1990) pela University of Sheffield, Inglaterra. Membro da British Masonry Society desde 1993, do International Council for Building Research Studies desde 1997 e da American Society of Civil Engineering desde 2005. É professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina desde 1992. Atua nas áreas de alvenaria estrutural e processos construtivos.

E-mail: [humberto@ecv.ufsc.br](mailto:humberto@ecv.ufsc.br)

# 5.

## Desenvolvimento de um processo construtivo racionalizado: painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos

Cristina Guimarães César e Humberto Ramos Roman

### Resumo

**N**a busca pela racionalização e industrialização, a construção civil vem procurando incorporar os conceitos de qualidade, já utilizados por setores da indústria da transformação, tal como a “inovação tecnológica”, a fim de atingir melhores níveis de desempenho em seu processo produtivo. Uma das alternativas para a evolução tecnológica baseia-se nos métodos de pré-fabricação de painéis. Observa-se que no mercado da construção civil algumas empresas já utilizam painéis pré-fabricados, sendo estes predominantemente de concreto e utilizados como elementos de vedação. Existe um vasto campo de pesquisa para investigação da fabricação e utilização de painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos. Este trabalho relata a experiência realizada por pesquisadores do GDA/LABSISCO/UFSC na elaboração de um novo processo construtivo constituído por painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos, com o objetivo de incrementar os índices de racionalização e industrialização dos proces-

soos construtivos, fatores que, sendo atingidos, possibilitarão a diminuição dos custos e tempos de construção.

## 1 Introdução

O projeto aqui tratado relata a experiência que vem sendo desenvolvida desde o ano de 2001 por pesquisadores do Grupo de Desenvolvimento de Sistemas em Alvenaria (GDA) e do Laboratório de Sistemas Construtivos (LABSISCO) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em parceria com consultores nacionais e internacionais, estes da Universidade de Teeside (Inglaterra), que trabalham na elaboração de um processo construtivo constituído por painéis pré-fabricados estruturais de elementos cerâmicos, com o objetivo de incrementar os índices de racionalização e industrialização do processo construtivo em alvenaria cerâmica, fatores que, sendo atingidos, possibilitarão também a diminuição dos custos e dos tempos de construção.

Passando por caminhos já percorridos por algumas experiências anteriores, entre estas as de Eladio Dieste e de Joan Villá, este projeto procura também avançar um pouco mais no sentido da industrialização do processo, aumentando tanto as possibilidades construtivas quanto as possibilidades espaciais dos painéis pré-fabricados estruturais com blocos cerâmicos.

Objetiva-se desenvolver um produto que apresente uniformidade tecnológica e produtiva, “atendendo às exigências de diversos níveis de estratificação social, ficando garantida a todos estes uma resposta satisfatória quanto às exigências qualitativas ambientais e construtivas” (LUCINI, 1996).

O processo originou a construção de um protótipo (que já está em fase de acabamento), que servirá como anexo do Laboratório de Materiais da Construção Civil (LMCC/ECV/UFSC) (Figura 1). Os detalhes do processo desenvolvido são descritos a seguir.

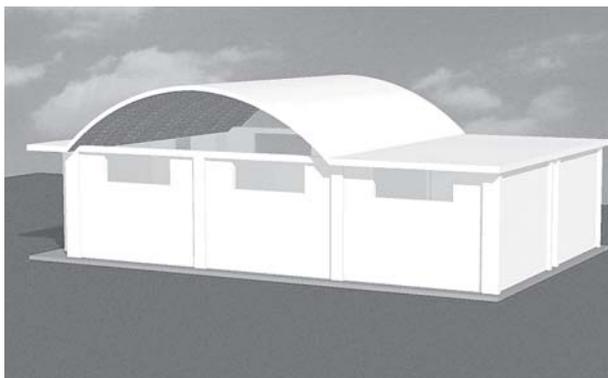


Figura 1 - Maquete do protótipo (BARTH; CARDOSO, 2003)

## 2 Objetivos do projeto

O objetivo geral deste projeto é oferecer ao mercado soluções construtivas otimizadas na forma de painéis cerâmicos pré-moldados, a partir da fábrica e/ou montados nos canteiros de obra, com a finalidade de contribuir para a melhoria da qualidade, redução dos desperdícios e custos, e aumento de produtividade e competitividade, tanto para o setor cerâmico quanto para o da construção.

Já os objetivos específicos do projeto são:

- a) conhecimento do estado da arte internacional;
- b) estabelecimento da cadeia de integração entre os fornecedores;
- c) projeto de componentes cerâmicos e de argamassas e desenvolvimento dos painéis pré-moldados;
- d) desenvolvimento do processo de construção;
- e) elaboração de manuais de projeto e execução;
- f) estudos sobre o desempenho estrutural dos painéis através de programas experimentais; e
- g) desenvolvimento de metodologia e estratégia de certificação dos produtos.

### 3 Vantagens da pré-fabricação de painéis cerâmicos

Os processos de construção em painéis pré-moldados de cerâmica têm sido utilizados cada vez mais em países como Inglaterra, Estados Unidos da América, Alemanha e outros. O uso desse método de construção visa, ao mesmo tempo, conservar as vantagens funcionais e estéticas das construções em alvenaria e eliminar os problemas mais sérios deste processo, ou seja, perdas de tempos devido à chuva, dificuldade de implementação de métodos de estocagem de materiais e de controle de qualidade de construção confiáveis e diminuição do número de assentadores qualificados.

Os processos de alvenaria pré-moldada podem ser divididos em duas categorias: processo total de pré-moldagem e processo de pré-fabricação parcial. Este último pode variar da fabricação de itens simples até a de paredes de vedação combinando partes pré-moldadas e o processo convencional. Os métodos de alvenaria pré-moldada podem ser classificados em alvenaria convencional produzida fora do canteiro, alvenaria protendida, alvenaria simplesmente armada, sistemas de construção de alvenaria automatizado, sistemas de painéis de alvenarias de fachada para estruturas de concreto armado e painéis sanduíches para paredes internas de estruturas de concreto armado.

O uso de alvenaria convencional produzida fora do canteiro tem sido proposto e realizado nos casos em que o fator tempo é prioritário. Vários exemplos podem ser observados em que pilares foram construídos e, após cura, transferidos para a obra. Este procedimento tem influência no projeto da habitação. Nos casos registrados, permitiu a redução de custos e a manutenção do cronograma físico dentro dos prazos estipulados. Nestes casos, para o alcance dos objetivos, foram considerados importantes o planejamento inicial e o envolvimento dos projetistas e construtores desde o início do projeto. As técnicas de pré-fabricação mostram a necessidade de um local seco e de equipamentos adequados para o transporte das peças.

Na obra, a movimentação pode ser feita com guindastes móveis.

Entre as razões apontadas como vantagens de uso de painéis armados e protendidos pré-fabricados são citadas como principais: possibilidade dos arquitetos projetarem detalhes com custos reduzidos; transferência das cargas pode ser diretamente para os pilares em vez de a transmissão ocorrer pelas vigas; redução substancial no tempo de construção; redução dos custos preliminares; e menor congestionamento de pessoal no canteiro de obras.

Os procedimentos de industrialização da alvenaria exigem que os produtos (unidades) sejam adequados aos processos e projetos e que o controle de qualidade seja relacionado ao tempo e custo. Além disso, a pré-fabricação pode também absorver os aspectos positivos da teoria de construção enxuta (*lean construction*) e a dinâmica moderna de padronização, diminuindo os custos do processo e melhorando a certeza de qualidade do produto.

Esse processo depende também da organização da cadeia de fornecedores. Esta, quando bem organizada, é importante para a redução de tempo e custo da produção. Da mesma forma, as perdas dos processos, devidas a atividades que não agregam valor a eles, podem ser removidas sem prejuízos da qualidade do acabamento e do valor da construção.

O contínuo melhoramento do processo ocasiona melhorias de desempenho, qualidade dos acabamentos e valor do processo (ROMAN, 2000).

Assim, de acordo com a bibliografia e os usuários dos processos de pré-fabricação com materiais cerâmicos, os benefícios potenciais do processo são:

- a) menor custo de construção, tanto para painéis estruturais quanto para painéis de vedação de estruturas de concreto;
- b) antecipação da construção, ocupação e vendas, o que são benefícios financeiros;

- c) remoção da alvenaria do caminho crítico e produção de detalhes mais complicados sem restrições devidas à condição do canteiro;
- d) aumento do controle de qualidade associado à maior velocidade de construção e produção efetiva de elementos simultaneamente;
- e) possibilidade de construção sem restrições climáticas;
- f) redução do custo de aluguel de andaimes e aceleração das tarefas seguintes;
- g) melhor entendimento dos riscos de projetos e desperdícios associados a estes, com conseqüente redução do custo deles;
- h) diminuição de custo e de desperdício pela replicação e transparência do processo;
- i) soluções com melhor construtibilidade antes do início da produção devido à interação dos projetistas;
- j) envolvimento de fornecedores, que pode melhorar o fluxo de entregas e levar à redução de custos dos insumos;
- k) possibilidade de introdução do processo *just in time* no suprimento aos clientes;
- l) maior efetividade na monitoração do produto com eliminação de desperdício;
- m) possibilidade de uso de sistemas de fixação padronizados para os painéis de alvenaria;
- n) possibilidade de colocação de painéis com os acabamentos todos prontos; e
- o) possibilidade de criar mão-de-obra multitreinada, capaz de realizar todas as etapas do processo.

Estas vantagens parecem suficientes para justificar a opção pela industrialização, através da pré-fabricação, dos processos em alvenaria. Este

passo permitirá, ao mesmo tempo em que se atende à preferência dos usuários pelas habitações em alvenaria cerâmica, incorporar ao processo maior velocidade, controle de qualidade mais efetivo e redução de custo que o processo permite. A necessidade de uso de elementos padronizados levará, necessariamente, ao aperfeiçoamento da cadeia produtiva, desde o produtor do material cerâmico, passando pelo fornecedor de argamassa e atingindo os fornecedores de fixadores, acabamentos, etc.

O setor cerâmico nacional poderá beneficiar-se com a possibilidade de oferta de um processo competitivo.

E, finalmente, o Brasil será inserido dentro de uma tendência mundial de diminuição dos trabalhos em canteiro como alternativa para diminuição de desperdícios e custos combinados com aumento de produtividade e qualidade final da habitação.

## 4 O processo construtivo

### 4.1 Descrição do protótipo

O protótipo servirá como anexo do Laboratório de Materiais da Construção Civil (LMCC/ECV/UFSC), sendo nele simuladas algumas das possibilidades construtivas e espaciais que se pretende utilizar futuramente em projetos habitacionais.

O partido arquitetônico do anexo procura contemplar o programa de necessidades estabelecido, testando todas as possibilidades que se pretende usar posteriormente em empreendimentos habitacionais. O projeto possui uma volumetria simplificada, constituída por um espaço retangular coberto com superfícies planas e curvas que foram divididas em módulos, os quais são constituídos por tipos de painel (A, B, C, etc.).

As dimensões adotadas para os painéis foram em função do progra-

ma de necessidades estabelecido para a composição do anexo do LMCC. Posteriormente, para um contexto habitacional, as medidas dos painéis deverão ser redimensionadas.

Para o projeto da coordenação modular tomou-se como referência o painel de parede, onde a modulação básica adotada é função das características de fabricação dos painéis. A variação da largura dos painéis respeita certa racionalidade, de modo a adequar-se às dimensões do projeto arquitetônico. A largura de cada painel representa a soma das medidas dos blocos, das juntas de argamassa polimérica, e os 5 cm do perímetro de contorno do painel composto de argamassa armada. A junta a ser utilizada para união dos painéis é de 1 cm, definindo a coordenação modular das medidas como múltiplos de 5 (Figura 2).

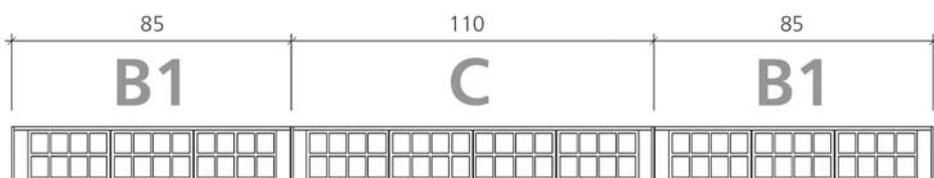


Figura 2 - Detalhe da modulação horizontal (BARTH; CARDOSO, 2003)

Após o desenvolvimento da coordenação modular, procurou-se fazer a distribuição equilibrada das paredes resistentes por toda a área da planta, evitando a concentração dos carregamentos em determinadas regiões do edifício. Procurou-se também contemplar uma boa rigidez às cargas horizontais, dispondo as paredes estruturais de forma a se obter a estabilidade do edifício em todas as direções.

Todos os painéis (exceto os que contêm as aberturas) foram designados para funcionar estruturalmente. Os painéis D, A e E funcionam como enrijecedores e desenham linhas verticais acentuadas nas fachadas, como mostra a Figura 3.

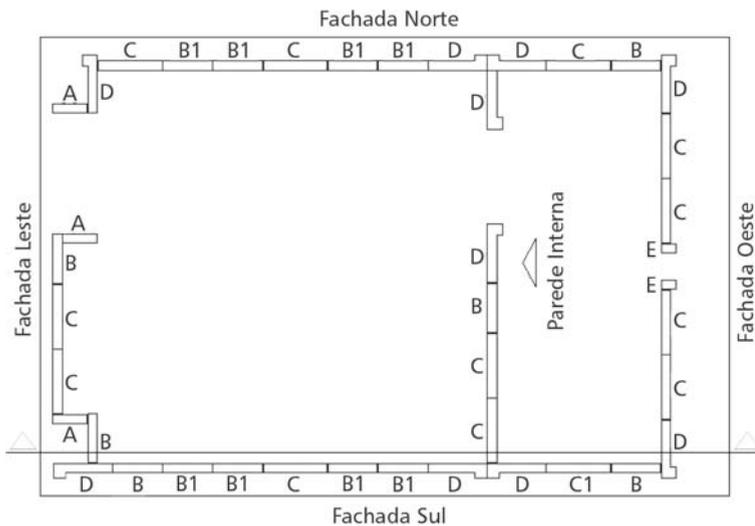


Figura 3 - Planta do protótipo (BARTH; CARDOSO, 2003)

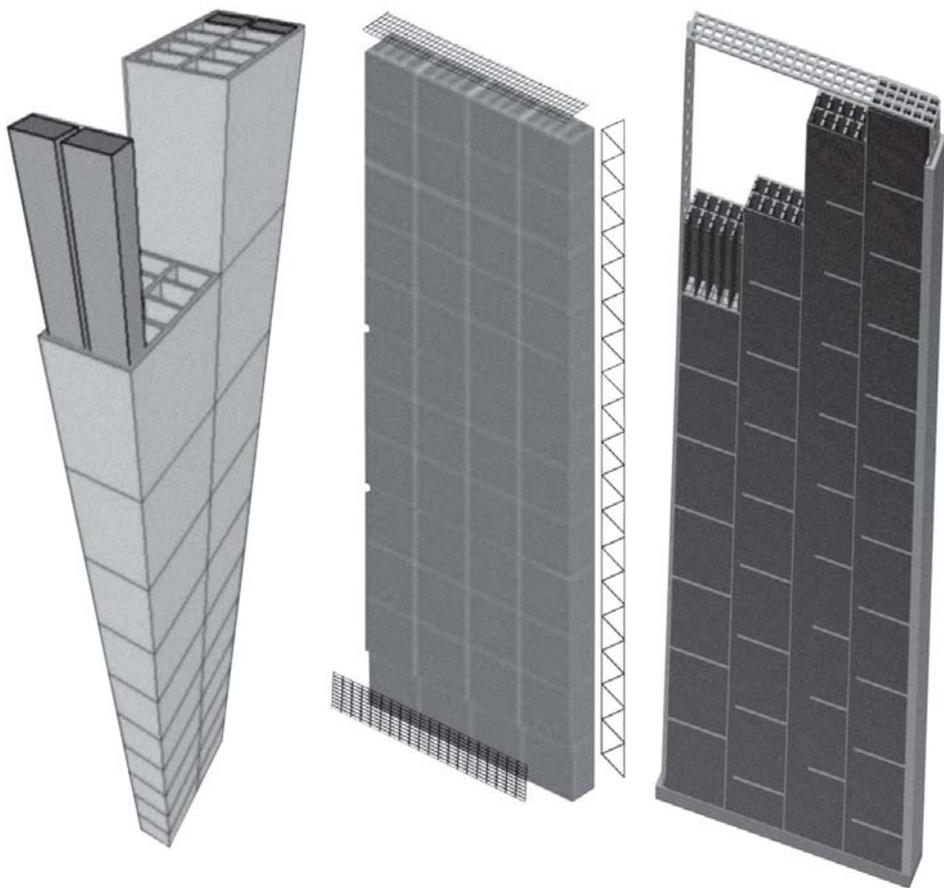
## 4.2 Descrição do processo construtivo proposto

O processo consiste basicamente na pré-fabricação de painéis estruturais de parede e de cobertura, constituídos por blocos cerâmicos vazados, argamassa armada, argamassa polimérica, argamassa de revestimento e elementos de fixação. Foram concebidos para atenderem, além da função estrutural, a função de vedação e de isolamento termo-acústico.

É importante ressaltar que o desenvolvimento do trabalho tem como preocupação maior a definição do processo, e não a definição dos materiais a serem utilizados. Uma vez testadas e aprovadas as possibilidades do processo, os materiais e modulações a serem estabelecidos ficarão a cargo do projetista, podendo este trabalhar com os materiais mais adequados às condições regionais do local do empreendimento.

No processo de escolha dos blocos a serem utilizados, elegeram-se algumas características essenciais que estes deveriam possuir, tais como desempenho térmico aceitável e geometria simples para fácil encaixe e manuseio.

O processo passou por várias fases de desenvolvimento das tipologias construtivas, as quais foram sendo testadas até se obter a tipologia construtiva final, sendo este processo evolutivo ilustrado abaixo (Figura 4).



A tipologia construtiva final do painel foi resultado da busca por maior produtividade e economia do processo, traduzida nas grandes dimensões adotadas para este. Tais dimensões determinaram o *layout* estrutural perimetral, que tem como função principal melhorar o quadro de enrijecimento do painel, visando aumentar a sua capacidade portante e permitir que possa ser utilizado em construções de dois ou mais pavimentos.

De acordo, então, com os pré-requisitos estruturais e de desempenho, as tipologias construtivas dos painéis adquiriram as configurações apresentadas na Figura 5.

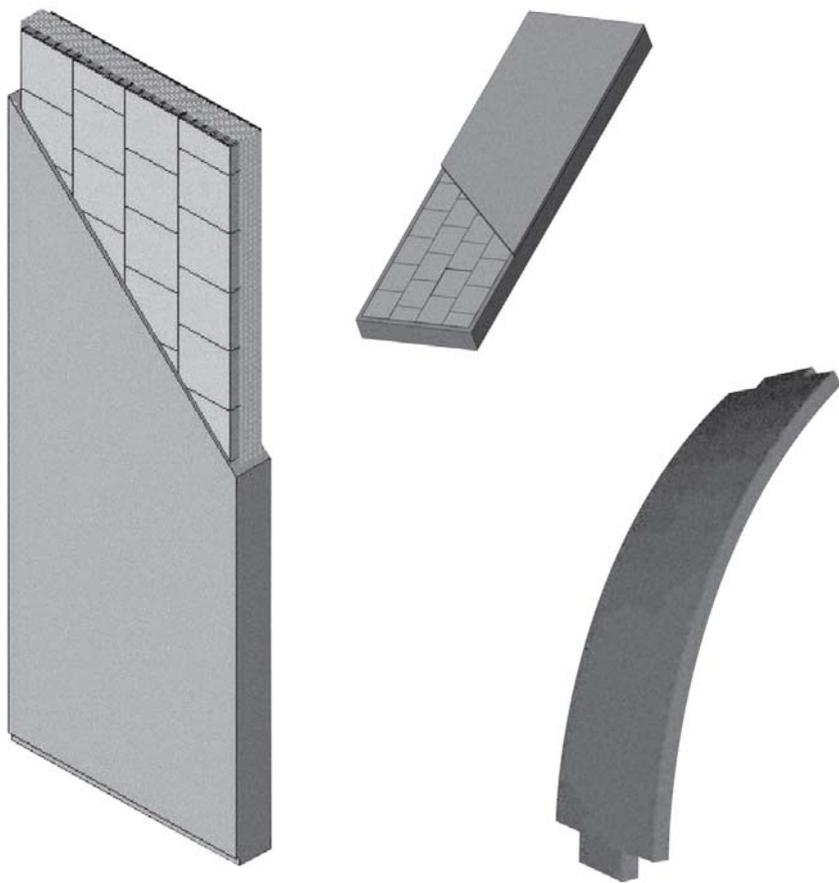


Figura 5 - Painéis de parede, de cobertura plana e cobertura curva

As variações das tipologias construtivas dos painéis são determinadas pela variação da largura e da altura, de acordo com a quantidade de elementos que são dispostos horizontal e verticalmente, em função das dimensões altimétricas e planimétricas estabelecidas para o projeto. Para os painéis de cobertura, além das variações dimensionais, foram estabelecidas também variações estruturais, objetivando-se testar conexões diferencia-

das. A variação da tipologia construtiva dos painéis também se deu quanto aos acabamentos (BARTH, 2004).

### 4.3 Organização do canteiro e fundação

Para a verificação da construtibilidade e avaliação dos custos do processo desenvolvido, foi construído um protótipo que servirá como anexo do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da UFSC. O canteiro foi organizado com as características de uma linha de montagem, dispondo de betoneira e pórtico móvel, com talha manual, além de mesa metálica, gabaritos e formas em madeira destinados à fabricação dos painéis. Foi preparado um local para a estocagem de materiais e dos componentes produzidos. A Figura 6, a seguir, mostra um desenho esquemático do canteiro de produção dos painéis.

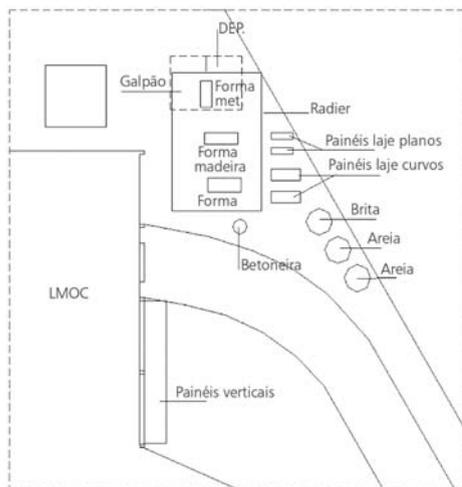


Figura 6 – Layout de organização do canteiro e execução da laje radier

Como fundação foi utilizado um *radier*. Esta solução foi considerada a melhor, pois o protótipo assenta-se sobre aterro compactado, e este tipo de fundação facilita a montagem dos painéis. Outro fator importante que influenciou na escolha foi a necessidade de superfícies rígidas que facilitassem o

transporte horizontal e permitissem a produção e estocagem de componentes no próprio canteiro, o que resolveu a questão de falta de espaço.

#### 4.4 Produção dos painéis

A produção dos painéis é realizada mediante a utilização de mesas ergonomicamente projetadas para facilitar o trabalho dos operários, conferindo assim maior produtividade ao processo. Dentro do caráter experimental do trabalho, testaram-se diversos tipos de mesas. Para os painéis planos foram experimentadas a mesa metálica basculante e a mesa fixa de madeira. A mesa metálica obteve melhor resultado, pois a madeira absorve água do microconcreto, o que prejudica o desempenho deste, e com o tempo de uso e umidade a madeira sofre deformações, as quais não podem ser transmitidas para o painel.

Para a moldagem dos painéis são utilizadas formas de madeira, fixadas sobre a mesa com auxílio de equipamentos de fixação (sargentos). Procedese, então, à aplicação de óleo desmoldante nas superfícies da mesa e da forma. Ao mesmo tempo em que ocorrem estes procedimentos, é montada, com auxílio de um gabarito de madeira, a armadura perimetral, composta de tela soldada, barra de aço de 5 mm e *inserts* e *parabolts* metálicos. A armadura teve sua definição para ser no contorno, devido à necessidade construtiva que os painéis possuíssem para o içamento. A armadura e o microconcreto dão uma estabilidade ao painel e um confinamento, não o prejudicando durante o transporte.

Inicia-se, então, o processo de colocação dos blocos, unidos por uma fina camada de argamassa polimérica. A opção por este tipo de argamassa se deve à necessidade de rápida secagem e de alta aderência da junta. Os blocos das extremidades inferiores e superiores são capeados para evitar a penetração de argamassa em seus septos. Durante a colocação dos blocos, resguarda-se com o auxílio de espaçadores o espaço do reforço perimetral.

Coloca-se, então, a armadura perimetral, que traz com ela os inserts e *parabolts* metálicos acoplados, os quais servem para fixação dos ganchos de içamento, e posteriormente para amarração da tela perfurada, que servirá de elemento de ligação entre painéis. Após a colocação desta armadura, inicia-se o preenchimento do espaço perimetral com microconcreto, composto de agregados miúdos (areia média), cimento de alta resistência inicial (ARI) e aditivos, para que a desmoldagem possa se efetivar dentro de 18 horas.

A etapa final de fabricação do painel é a aplicação da camada de argamassa de revestimento, observando-se grande produtividade desta atividade no sentido horizontal.

Após a cura de 18 horas, iniciam-se os procedimentos de içamento do painel. Primeiramente, colocam-se ganchos nos *parabolts* metálicos. Nestes passarão as cordas que erguerão o painel com o auxílio de uma talha manual. Os painéis são transportados para as áreas de depósito com o auxílio de uma empilhadeira e armazenados junto ao local onde será feita a montagem. A seguir, na Figura 7, são demonstradas todas as etapas do processo construtivo dos painéis.

#### Etapas das moldagens dos painéis



I - Aplicação de desmoldante



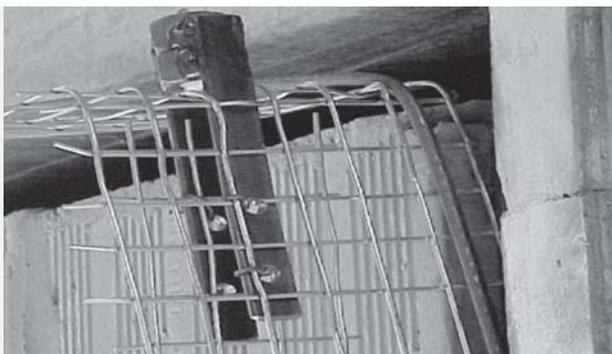
2 - Colocação dos blocos



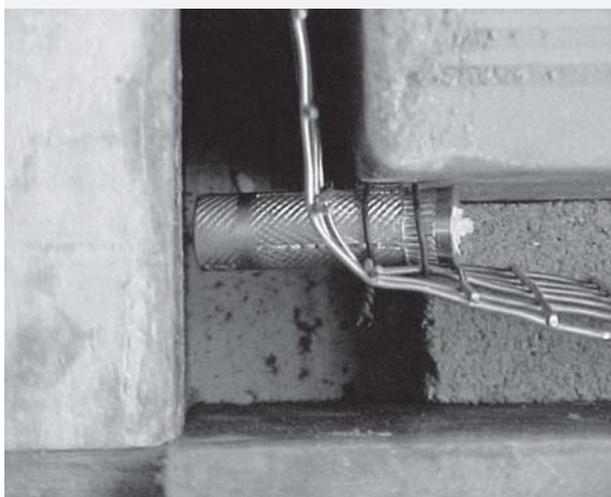
3- Aplicação da argamassa polimérica



4 - Equipamento de fixação da forma



5 e 6 - Detalhes dos elementos construtivos, armadura, inserts e parabolts



7 - Paineis chapiscado



8 - Argamassa armada



9 - Sarrafeamento

### Procedimentos de desmoldagem e transporte



10 - Painel desempenado



11 - Desforma



12 e 13 - Ganchos e cordas utilizados no içamento





14 - Painel sendo içado



15 e 16 - Posicionamento e armazenamento final

Figura 7 – Seqüência de moldagem e desmoldagem dos painéis

## 4.5 Montagem do protótipo

A montagem ocorreu logo após o término da moldagem de todos os painéis, tendo o acompanhamento de todas as etapas possibilitado a averiguação da versatilidade do processo, em que foram verificados os pontos positivos do processo e quais necessitam de maior aperfeiçoamento.

Em um estudo feito sobre a logística da montagem (Figura 8), todas as dimensões dos painéis foram verificadas, e cada painel recebeu uma numeração com seqüência lógica, fator este que contribuiu para que o tempo de montagem fosse bem aproveitado e maximizado.

O local onde seriam posicionados os painéis recebeu anteriormente à sua colocação uma camada de regularização, já nivelada de acordo com todos os pontos da laje. Esta também recebeu uma camada de impermeabilização, seguida de uma pintura para demarcação de todos os pontos de locação de cada painel.

Toda a fase de montagem teve o auxílio de um caminhão munk, terceirizado, fator que tornou o tempo uma variável importantíssima no quesito financeiro da montagem. Com o “piso” pronto e as tubulações devidamente instaladas, os primeiros painéis foram içados e colocados. Para o travamento dos painéis, escoras metálicas foram posicionadas na parte central do painel; na parte inferior a fixação se deu pela laje, deixando-os no prumo.

Após a colocação dos painéis verticais foram afixadas chapas perfuradas galvanizadas na parte superior deles, com largura de aproximadamente 10 cm. Em seguida à sua colocação, foi executada uma camada de regularização para facilitar o posicionamento dos painéis-laje em superfície já nivelada, efetuando assim a ligação e o travamento entre os componentes verticais, fator necessário à estabilidade necessária e idealizada para o desempenho estrutural da edificação.

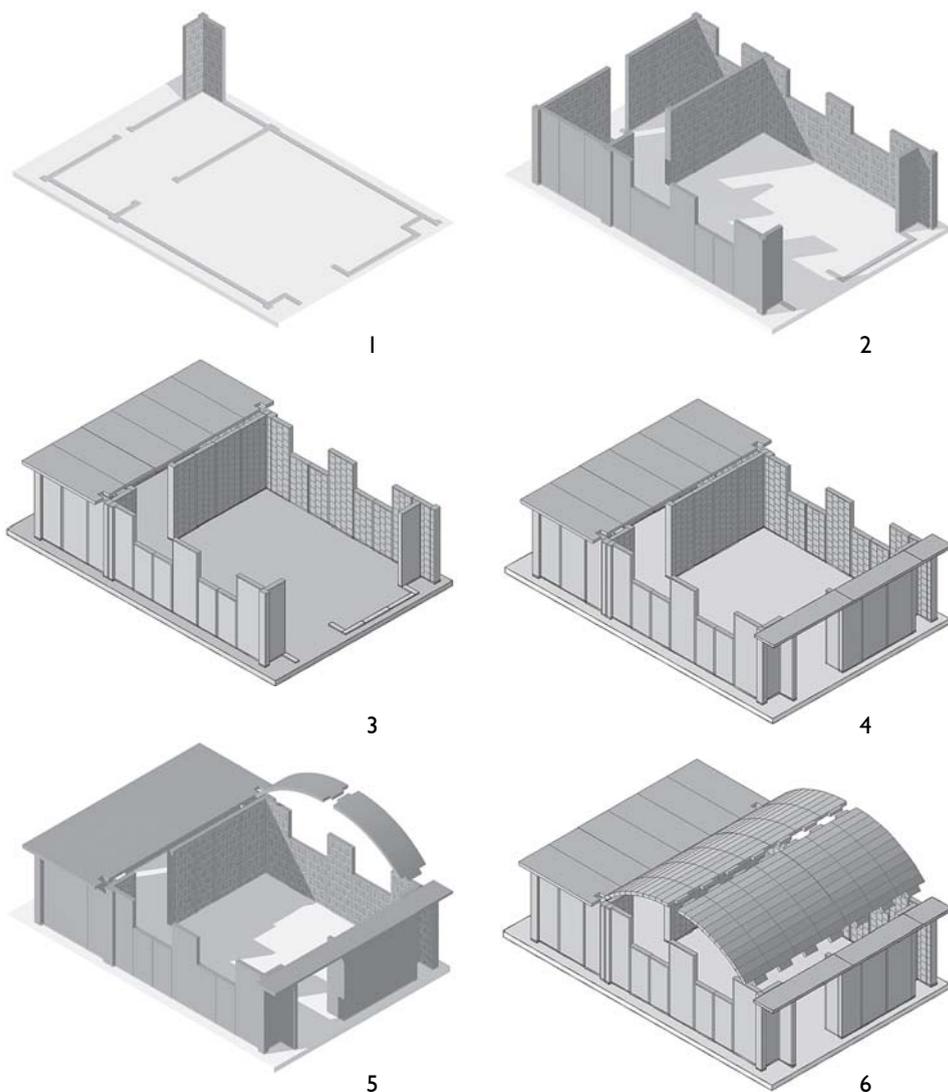


Figura 8 - Seqüências da montagem (BARTH; CARDOSO, 2003)

Terminada a colocação dos painéis verticais, começou-se a colocação dos painéis de cobertura, que formam a laje do protótipo. Esta é formada por dois tipos de painéis: os painéis curvos e os painéis planos. Os painéis de cobertura planos são simplesmente apoiados sobre os painéis verticais, sendo os primeiros a serem apoiados. Após foram executadas formas em madeira, feitas com a finalidade de auxiliar na concretagem de ligação e

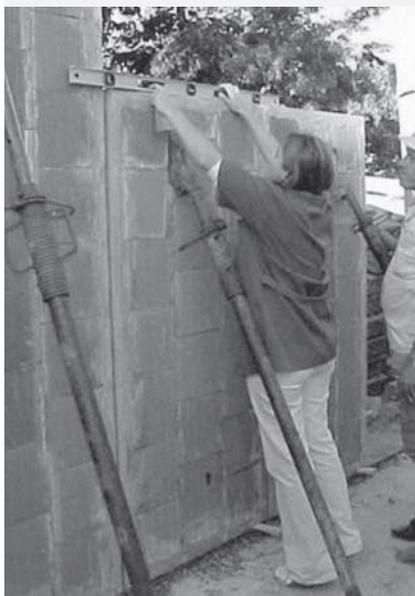
consolidação entre os painéis curvos e planos, além de servir como auxílio ao travamento dos painéis curvos para evitar seu escorregamento.

Para a colocação dos primeiros painéis curvos da laje foram necessários andaimes e vigas metálicas, que serviram para distribuição do peso deles. A principal finalidade deste andaime e escoras foi com relação à segurança ao tombamento, pois a montagem teve o início apenas por um lado, sendo, portanto, necessário um travamento em função do giro exercido, devido ao peso elevado deles.

Antes de ser iniciada a concretagem, foi posicionado o tirante, que tem como principal objetivo resistir aos esforços de tração provocados pelos painéis curvos.

A Figura 9, a seguir, demonstra toda a seqüência de montagem do protótipo.

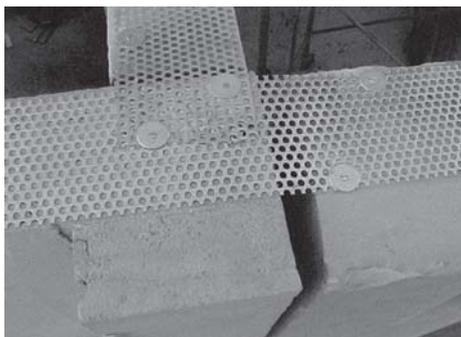
#### Etapas de montagem do protótipo



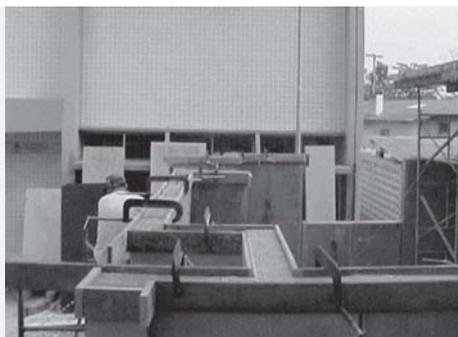
1 Painel sendo içado



2 Aplicação da argamassa de assentamento



3 Ligação das escoras metálicas



4 Nivelamento do painel



5 Colocação da chapa perfurada galvanizada



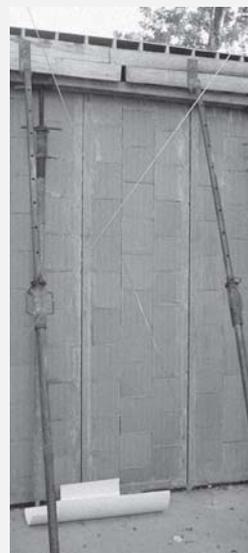
6 Ligação entre os painéis verticais



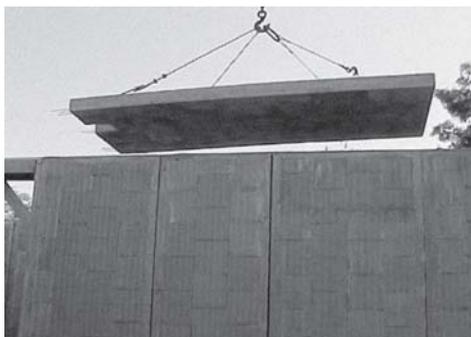
7 Formas para a camada de regularização



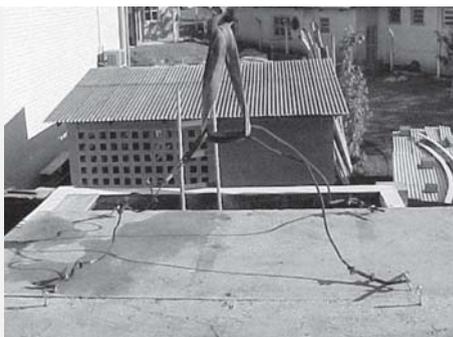
8 Colocação da argamassa de nivelamento



9 Sarrafeamento



10 Base desempenada



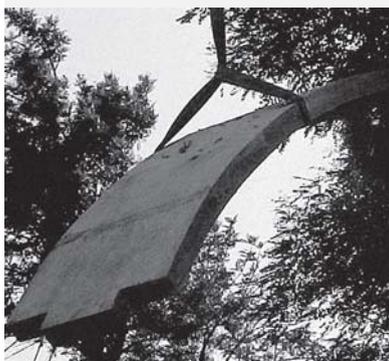
11 Formas em madeira para a cobertura curva



12 Içamento e colocação dos painéis-laje



13 Andaime para travamento



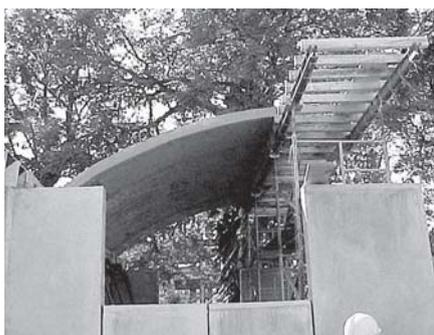
14 Painéis-laje posicionados



15 Tirante



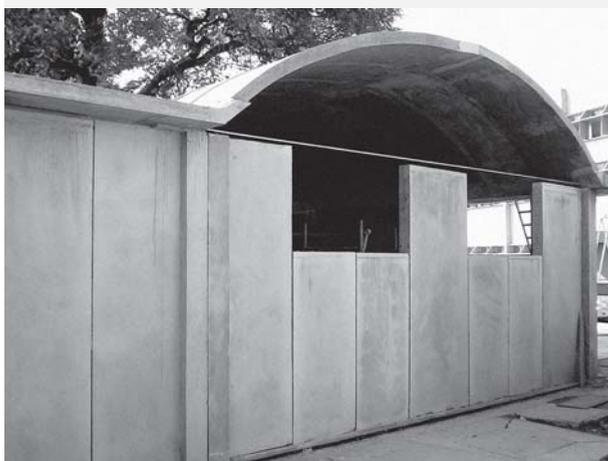
16 Painel-laje sendo içado e posicionado



17 Fechamento do arco



18 Protótipo em sua fase final sem acabamentos



19 Protótipo final

Figura 9 - Seqüências de montagem do protótipo

## 5 Considerações finais

A implantação deste processo fortalecerá não só a construção civil como também a indústria cerâmica, que poderá inserir no mercado novos componentes, desenvolvidos com geometria e formas simplificadas para uso específico no processo. O benefício obtido por estes setores certamente resultará no aumento da oferta de empregos no setor da construção, assim como induzirá à melhoria da qualidade da mão-de-obra, na medida em que os fundamentos do processo proposto são a racionalização e a industrialização da construção.

Pelas razões acima citadas, acredita-se que o processo construtivo em painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos poderá representar uma contribuição para a solução da carência habitacional brasileira para a população de baixa renda. Por demonstrar um grande potencial de racionalização e industrialização, esse processo configura-se realmente numa solução de grande valia para enfrentar o déficit habitacional brasileiro, configurando-se também como uma solução tecnológica uniforme e produtiva, que apresenta bons índices de produtividade e qualidade para diversos níveis de estratificação social, podendo assim atingir bons índices de economia, rapidez e qualidade na construção de habitações.

## Referências bibliográficas

BARTH, F.; CARDOSO, A. P. **Desenvolvimento de sistemas construtivos em painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos**: estudo desenvolvido pelos grupos GDA/LABSISCO da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROMAN, H. R. **Pesquisa e desenvolvimento de processos construtivos industrializados em cerâmica estrutural**. Projeto Finep, UFSC, 2000.

LUCINI, H. C. **Requalificação urbana e novos assentamentos de interesse social**. 1996. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Finep, como também às empresas Cerâmica Bosse, Cimentos Itambé, Belgo, Maxton Brasil e MBT, patrocinaram a pesquisa.

# COLETÂNEA HABITARE

**Paulo de Tarso Cronemberger Mendes** é engenheiro civil (1976) pela Universidade Federal de Pernambuco, mestre (1983) e doutorando em engenharia de estruturas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. É professor de Departamento de Estruturas do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí desde 1979.

E-mail: paulotcm@ufpi.br

**Almir Amorim Andrade** é doutor em Engenharia de Estruturas e professor adjunto da Universidade Federal do Piauí.

# 6.

## Alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos

Paulo de Tarso Cronemberger Mendes e Almir Amorim Andrade

### Resumo

**E**ste trabalho apresenta um histórico da evolução da alvenaria estrutural no Piauí, abrangendo desde os primeiros trabalhos voltados para a caracterização dos produtos de cerâmica vermelha, época em que indústria cerâmica da região não se preocupava com a qualidade dos seus produtos e as edificações eram executadas em alvenaria portante com a utilização de blocos de furos horizontais circulares e retangulares, até a situação atual de consolidação do uso do bloco estrutural cerâmico nas edificações construídas em alvenaria estrutural.

### 1 Histórico

Em maio de 1990 foi firmado um convênio entre a Universidade Federal do Piauí (UFPI), por intermédio do Centro de Tecnologia, e o Sindicato da Indústria Cerâmica para Construção do Estado do Piauí, com o objetivo de caracterizar os produtos de cerâmica vermelha da região e de fornecer subsídios para o aprimoramento desses produtos, daí resultando a

publicação do trabalho “Cerâmica Vermelha no Piauí – Estágio Atual e Perspectivas” (MENDES; MOREIRA, 1991), com a caracterização de produtos de 15 indústrias cerâmicas, incluídos blocos de seis furos retangulares e circulares horizontais utilizados na construção de edifícios residenciais com até três pavimentos em alvenaria portante (Figuras 1), sem nenhuma preocupação com a modulação e com a compatibilização entre os projetos (Figuras 2 e 3).



Figura 1 – Vista de edificação construída do Habitacional Morada Nova - Conj. Habitacional Morada Nova



Figura 2 – Falta de compatibilização de projetos



Figura 3 – Baixa qualidade de execução

Os resultados de resistência à compressão desses blocos, com baixos valores e elevada dispersão, a baixa resistência dos blocos de furos circulares em relação aos de furos retangulares, bem como a absoluta falta de conformidade dimensional dos blocos apontavam claramente para a necessidade de utilização da alvenaria estrutural com blocos de furos verticais, ainda não produzidos na região.

Na época, mesmo de posse dessas informações, não foi possível implementar mudanças, uma vez que a indústria cerâmica e a indústria da construção civil não se entendiam quanto à sua viabilidade econômica. A indústria da construção civil não utilizava os blocos estruturais cerâmicos porque não eram produzidos na região, e a indústria cerâmica não produzia os blocos estruturais porque não havia demanda.

Em 2000 foi apresentado ao Programa Habitare o projeto “Alvenaria Estrutural com Blocos Estruturais Cerâmicos”, tendo como proponente a Fundação de Desenvolvimento e Apoio à Pesquisa e Extensão (Fundape), como executor a Universidade Federal do Piauí (UFPI) e como interveniente o Sindicato da Indústria Cerâmica do Estado do Piauí, com recursos liberados em janeiro de 2002, cujo objetivo geral era introduzir no mercado da construção civil do Piauí componentes estruturais cerâmicos para utilização em conjuntos habitacionais e casas populares que empregam como processo construtivo a alvenaria estrutural.

Em 2002, a partir do documento “Alvenaria Estrutural – Materiais, Execução da Estrutura e Controle Tecnológico” (SABBATINI, 2003), da Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano, contendo os requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal, passou-se a exigir que edifícios que utilizassem a alvenaria como elemento resistente só poderiam ser financiados se utilizassem os blocos estruturais com furos verticais.

Estavam sendo criadas as condições propícias para o entendimento entre a indústria cerâmica e a indústria da construção civil para a utilização da alvenaria estrutural como processo construtivo na região, o que resultou no início da construção de edifícios residenciais com essa tecnologia construtiva a partir de 2003.

## 2 Projeto alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos

Esse projeto teve como objetivo geral a introdução do bloco estrutural cerâmico na indústria da construção civil do Piauí. Para que esse objetivo fosse alcançado foi necessário vencer uma série de etapas, apresentadas nas seções a seguir.

### 2.1 Produção dos blocos

Reuniões no Sindicato da Indústria Cerâmica do Estado do Piauí (Figura 4) possibilitaram a aquisição das boquilhas necessárias ao início do processo (Figuras 5 a 7).



Figura 4 – Reunião no Sindicato da Indústria Cerâmica do Estado do Piauí

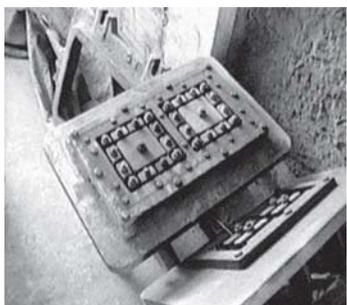


Figura 5 – Boquilha adquirida I

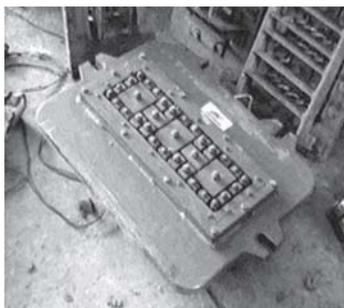


Figura 6 – Boquilha adquirida II

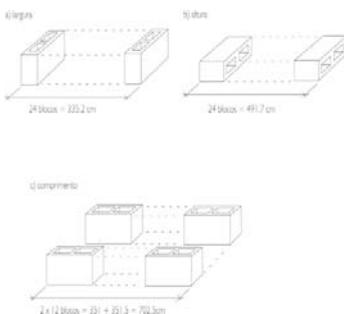


Figura 7 – Início da produção dos blocos

## 2.2 Verificação dimensional dos blocos

A verificação dimensional dos blocos foi feita de acordo com o especificado na NBR 7171 (ABNT, 1992) (Figura 8).

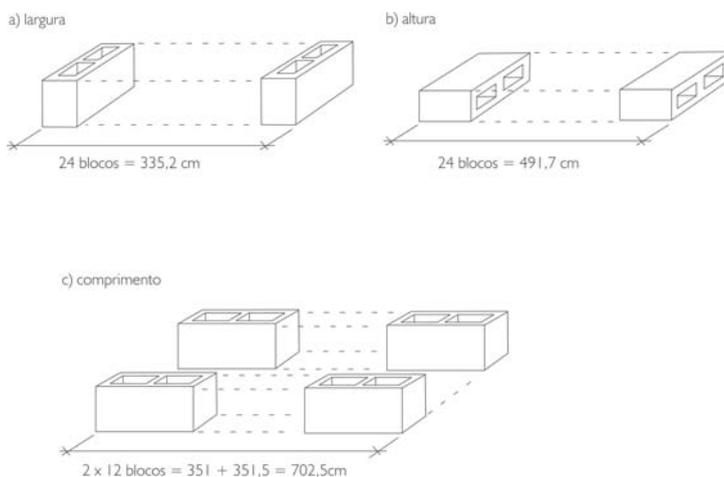
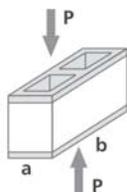


Figura 8 – Verificação dimensional

Os resultados obtidos foram compatíveis com as necessidades de modulação do processo construtivo com relação à largura e ao comprimento dos blocos, com fácil correção no procedimento de corte para garantir a compatibilidade também com relação à altura dos blocos.

### 2.3 Resistência à compressão dos blocos

Os blocos foram capeados (Figura 9) e ensaiados em uma máquina universal de ensaios (Figura 10), de acordo com a NBR 6461 (ABNT, 1983a). Os resultados apresentados, com resistência média de 11,6 MPa e coeficiente de variação de 14% (Tabela 1), representam cerca de três vezes a resistência média dos blocos com furos horizontais de maior resistência.



Corpo-de-prova	a (mm) seco	b (mm) seco	a (mm) úmido	b (mm) seco	P (kgf)	Tensão de Ruptura (Mpa)	Tensão Média de Ruptura (Mpa)	Coef. de Variação
1	138,17	288,86	137,94	289,11	31969	8,0	11,6	14%
2	139,17	291,58	139,07	291,60	42154	10,4		
3	138,21	290,38	138,36	290,46	49675	12,4		
4	138,31	290,31	138,11	290,41	49600	12,4		
5	138,05	289,46	138,09	289,54	46320	11,6		
6	138,50	292,48	138,56	292,13	48709	12,0		
7	137,84	289,64	138,30	289,78	51181	12,8		
8	137,84	289,52	137,84	289,39	52795	13,2		

$$f_{bk} = 11,6 \times (1 - 1,645 \times 14\%) = 8,93\text{MPa}$$

Tabela 1 – Resultados típicos de ensaios à compressão simples de blocos



Figura 9 – Blocos capeados

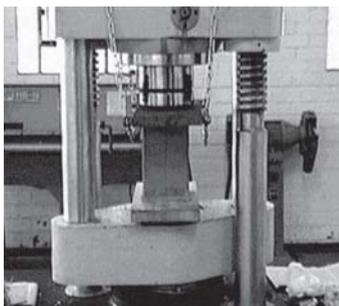


Figura 10 – Ensaio à compressão dos blocos

## 2.4 Resistência à compressão dos prismas

Os prismas foram executados, capeados (Figura 11) e ensaiados à compressão em uma máquina universal de ensaios (Figura 12), de acordo com a NBR 8215 (ABNT, 1983b). Os resultados, com média de resistência à compressão de 3,10 MPa e coeficiente de variação de 19% apresentados na Tabela 2, indicam uma relação de resistência entre prisma e bloco de 26%, compatíveis com os valores indicados na bibliografia (ABCI, 1990).

Amostra	°SR	Coarseness (mg/100 m)	Nº de fibras/g (milhões)	Comprimento médio (mm)	Teor de finos (%)
<i>Pinus</i> Brasil 0 <sup>a</sup>	13,0	42,80	1,36	1,72	8,06
<i>Pinus</i> Brasil 7000	70,0	11,56	6,99	1,24	25,28
<i>Pinus</i> Chile 0	13,0	32,73	1,65	1,85	9,11
<i>Pinus</i> Chile 8000	66,0	11,30	7,25	1,22	48,94
Eucalipto 0	19,0	6,92	20,58	0,70	10,97
Eucalipto 4500	69,0	5,77	25,69	0,68	10,95

<sup>a</sup> O número que acompanha a procedência da amostra indica o número de revoluções do moinho PFI (refinador de laboratório) a que a polpa foi submetida.

Tabela 2 – Resultados típicos de ensaios à compressão de prismas



Figura 11 – Confeção dos prismas

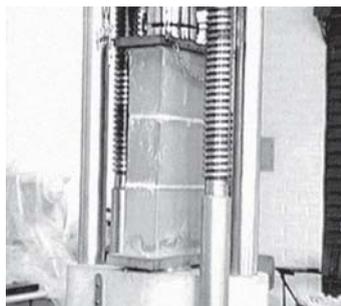


Figura 12 – Ensaio à compressão dos prismas

## 2.5 Apresentação do produto ao meio técnico por meio de palestras e cursos

Em 2002 foi criada a disciplina optativa Alvenaria Estrutural, com carga horária de 60 horas, no curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da UFPI, cujo conteúdo programático contempla um histórico da alvenaria estrutural, conceitos, sistema construtivo, propriedades e características da alvenaria, concepção estrutural e cálculo estrutural.

Em 2003 foi ministrado um curso de qualificação de mão-de-obra para duas turmas, cujo programa contempla as relações interpessoais, segurança do trabalho, qualidade e produtividade, leitura de projetos, racionalização de obras, marcação e execução de alvenaria, com aulas de laboratório (Figura 13) e de campo (Figuras 14 a 20).



Figura 13 – Aula de laboratório



Figura 14 – Aula de campo



Figura 15 – Marcação da primeira fiada

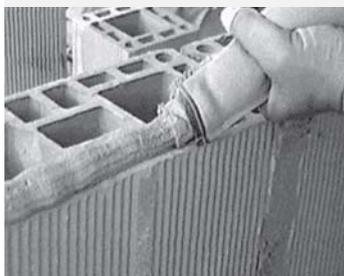


Figura 16 – Aplicação de argamassa com bisnaga



Figura 17 – Aplicação de argamassa com meia-cana

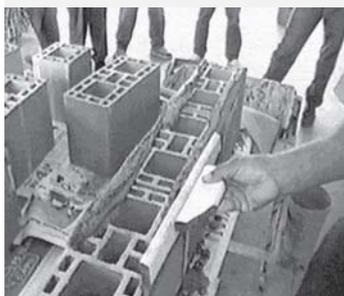


Figura 18 – Aplicação de argamassa com régua

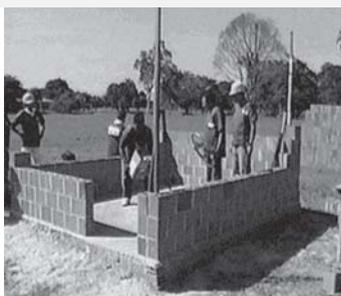


Figura 19 – Uso do escantilhão



Figura 20 – Preenchimento das juntas verticais com bisnaga

## 2.6 Construção de protótipos

Foi prevista a construção de um protótipo utilizando-se o bloco estrutural cerâmico, na área da UFPI (Figuras 21 a 24), para demonstrar a viabilidade técnica do processo construtivo, com previsão de futuras medições de temperaturas internas e externas para caracterizar o conforto térmico em função de cada tipo de cobertura e/ou de revestimento, de fundamental importância, pois o conforto térmico é um ponto crucial para o desenvolvimento dos projetos arquitetônicos no Piauí, uma vez que as temperaturas são bastante elevadas durante todo o ano e que a viabilidade de um projeto depende também das características de conforto térmico alcançadas.

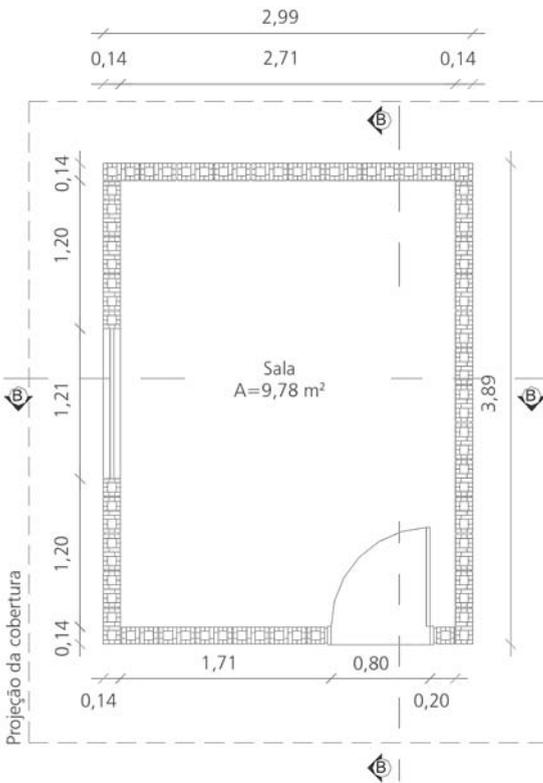
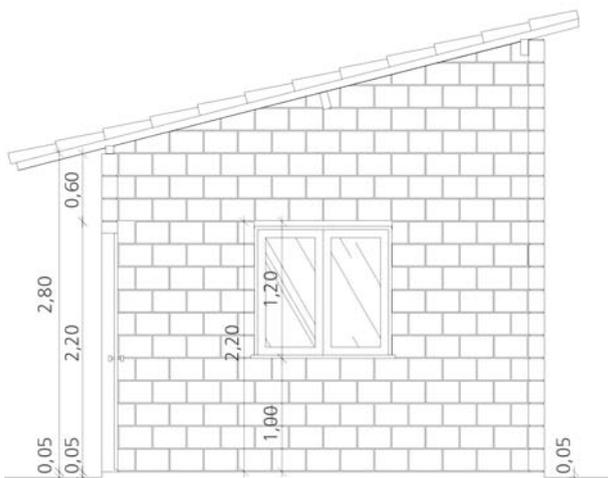


Figura 21 – Planta baixa do módulo



Corte B-B

Figura 22 – Corte do módulo



Figura 23 – Módulo executado com coberta de telha cerâmica



Figura 24 – Módulo executado com coberta de telha de cimento-amianto

## 2.7 Assimilação do produto pela indústria da construção civil

Em 29 de abril de 2003 a Construtora Andrade Junior assinou contrato com a Caixa Econômica Federal – Programa de Arrendamento Residencial (PAR) para a construção de 144 unidades habitacionais (9 blocos com 16 apartamentos), com utilização de blocos estruturais cerâmicos produzidos pela Cerâmica Mafrense, primeira indústria a aderir ao programa.

Em agosto de 2004, a situação de projetos em alvenaria estrutural em execução, financiados pela Caixa Econômica Federal – Programa de Arrendamento Residencial (PAR) é a indicada na Tabela 3 (Figuras 25 a 31), com um total de 1.024 unidades habitacionais contratadas e investimento total de R\$ 22.576.968,35.



Figura 25 – Bilbao Residence



Figura 26 – Residencial Parque das Violetas



Figura 27 – Condomínio Imperial Park



Figura 28 – Condomínio Gaudi



Figura 29 – Residencial Monte Líbano



Figura 30 – Residencial Vila Poty



Figura 31 – Residencial Ipiranga

Nº	EMPREENHIMENTO	CONSTRUTORA	Un.	Área Priv	% Ob.
01	Bilbao Residence	Andrade Junior	144	43,84 m <sup>2</sup>	94,63
02	Resid. Parque das Violetas	Betacon Construções	160	41,94 m <sup>2</sup>	78,71
03	Condomínio Imperial Park	Estrela da Manhã	160	41,94 m <sup>2</sup>	46,12
04	Condomínio Gaudi	Andrade Junior	144	42,14 m <sup>2</sup>	26,31
05	Resid. Monte Líbano	MTV	160	42,80 m <sup>2</sup>	41,25
06	Resid. Vila Poty	Skora Eng. e Comércio	112	42,18 m <sup>2</sup>	44,05
07	Resid. Ipiranga	Soferro Construtora	144	42,14 m <sup>2</sup>	30,88

Fonte: Caixa Econômica Federal Gerência de Apoio ao Desenvolvimento Urbano/Teresina

Tabela 3 – Resumo dos empreendimentos contratados

### 3 Controle tecnológico

Com as exigências da Caixa Econômica Federal com relação ao controle de qualidade dos blocos e a quantidade de empreendimentos contratados, em março de 2004 foi firmado convênio entre o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Piauí (Sinduscon-PI) e a Universidade Federal do Piauí, através do Centro de Tecnologia, para a realização de ensaios de blocos e prismas.

Os resultados de acompanhamento de resistências dos blocos e prismas com os respectivos coeficientes de variação dos diversos empreendimentos encontram-se nos Gráficos 1 e 2, a seguir.

### 4 Conclusões

O projeto “Alvenaria Estrutural com Blocos Estruturais Cerâmicos” foi aprovado no Programa Habitare – 4º Edital, numa situação excepcionalmente favorável de conjunção de interesses regionais da academia (UFPI), da indústria da construção civil, da indústria cerâmica e da agência financiadora (Caixa Econômica Federal, através do Programa de Arrendamento Residencial – PAR), o que resultou numa rápida assimilação de tecnologia construtiva, com desdobramentos favoráveis em termos de qualidade e custos de execução de edificações voltadas para a redução do déficit habitacional.

Os resultados obtidos permitem constatar a capacidade de adaptação e a qualidade dos produtos da indústria cerâmica regional, a facilidade para incorporação de tecnologias construtivas por parte da indústria da construção civil e a capacidade da Universidade Federal do Piauí, apesar de suas limitações, como indutora de novos processos, quando consegue ter acesso a financiamentos.

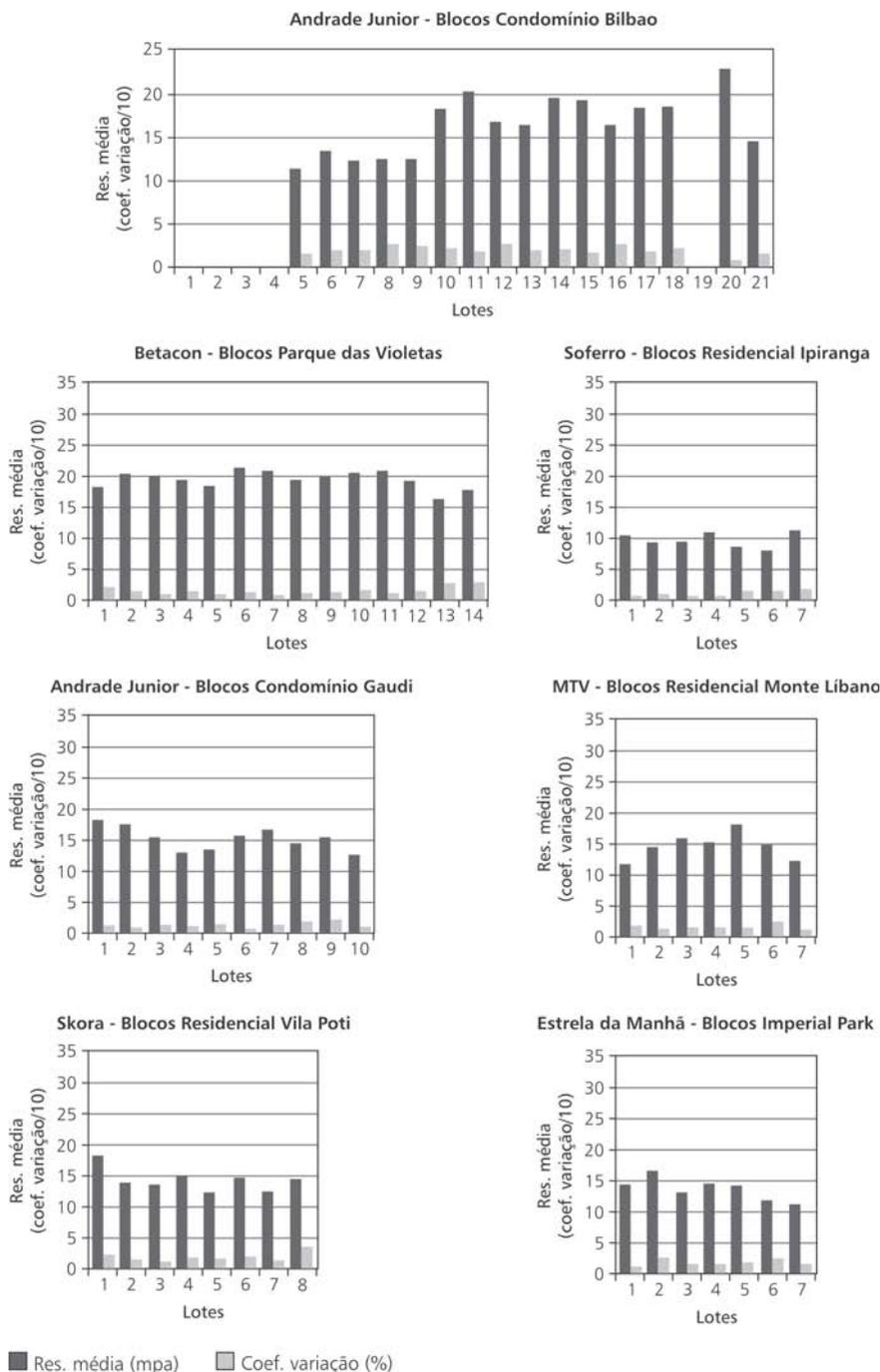
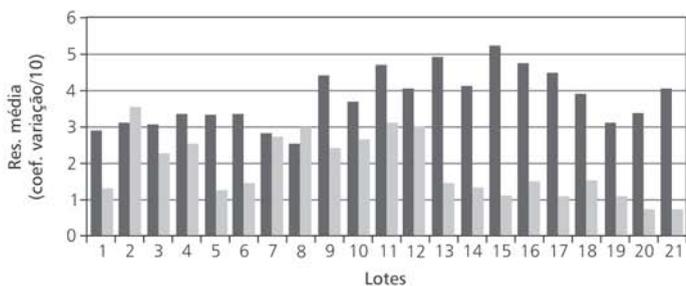
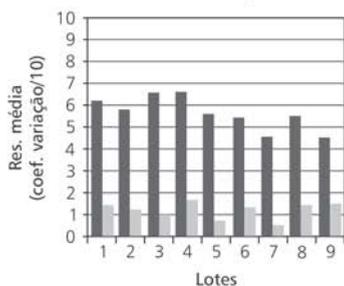


Gráfico I – Resistências dos blocos dos empreendimentos

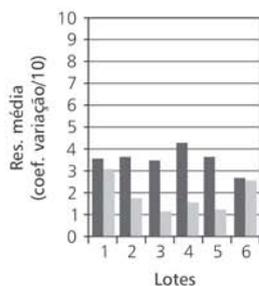
Andrade Junior - Prismas Condomínio Bilbao



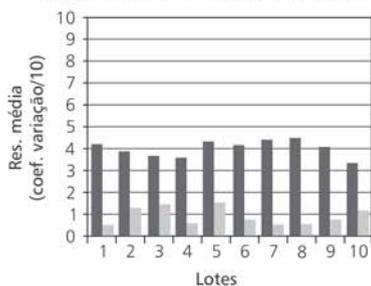
Betacon - Prismas Parque das Violetas



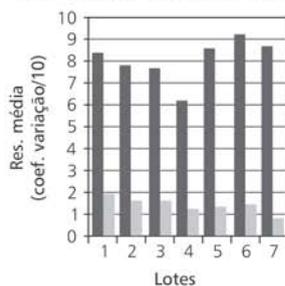
Soferro - Prismas Residencial Ipiranga



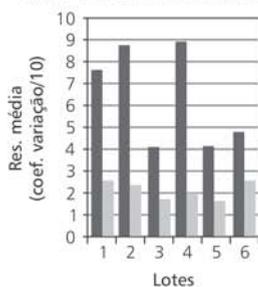
Andrade Junior - Prismas Condomínio Gaudi



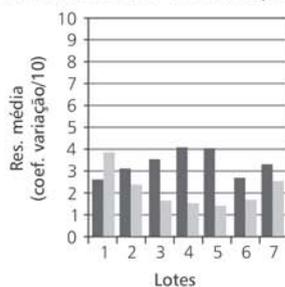
MTV - Prismas Residencial Monte Libano



Skora - Prismas Residencial Vila Poti



Estrela da Manhã - Prismas Imperial Park



■ Res. média (mpa)    ■ Coef. variação (%)

Gráfico 2 – Resistências dos prismas dos empreendimentos

## Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA – **Manual Técnico de Alvenaria**, 1990. 274 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6461** – Bloco Cerâmico para Alvenaria – Verificação da Resistência à Compressão, 1983a. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 8215** – Prismas de Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – Preparo e Ensaio à Compressão, 1983b. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 7171** – Bloco Cerâmico para Alvenaria – Especificação, 1992. 8 p.

MENDES, Paulo de Tarso C.; MOREIRA, Maria de Lourdes T. **Cerâmica vermelha no Piauí**: estágio atual e perspectivas. Universidade Federal do Piauí, 1991. 16 p.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Alvenaria estrutural**: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico. Caixa Econômica Federal, 2003. 36 p.



**José Mario Doleys Soares** é engenheiro civil (1981) pela Universidade Federal de Santa Maria, mestre (1985) e doutor (1997) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Foi professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Região das Missões - URI, no período de 1984 a 1989. Atualmente é professor do Departamento de Transportes da Universidade Federal de Santa Maria e Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC. Atua nas áreas de geotecnia e materiais e componentes de construção.

E-mail: [jmario@ct.ufsm.br](mailto:jmario@ct.ufsm.br)

**Marcus Daniel Friederich dos Santos** é engenheiro civil (1995) pela Universidade Federal de Santa Maria, mestre em Engenharia Civil – área Patologia das Construções pela UFSM/RS, em 1999. Em doutoramento pela UFRGS sob orientação do Dr. Hélio A.

Greven. É professor da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC do curso de Arquitetura e Urbanismo. Atua nas áreas de materiais e componentes da construção, processos construtivos, mecânicas das estruturas e controle tecnológico.

E-mail: [santos@ct.ufsm.br](mailto:santos@ct.ufsm.br)

**Leandro Agostinho Kroth** é engenheiro civil formado pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - RS, Engenheiro da Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul - RS e Mestrando em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - RS.

E-mail: [lkroth@viavale.com.br](mailto:lkroth@viavale.com.br)

**Felipe Claus Rauber** é arquiteto formado pela Universidade de Santa Cruz do Sul - RS, Professor Substituto da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, RS e Mestre em Engenharia Civil pela UFSM.

E-mail: [fcrauber@ibestvip.com.br](mailto:fcrauber@ibestvip.com.br)

# 7.

## Construção de habitações de interesse social

José Mario Doleys Soares, Marcus Daniel Friederich dos Santos,  
Leandro Agostinho Kroth e Felipe Claus Rauber

### Resumo

**A**s sucessivas crises econômicas das últimas décadas tornaram a habitação um bem inatingível para muitos no Brasil. Entre os desafios a serem superados está a simplificação de procedimentos técnicos e operacionais na produção da habitação. A partir da avaliação de conjuntos habitacionais nas principais cidades do Rio Grande do Sul, foram propostas quatro tipologias habitacionais com área compatível com diferentes necessidades de uso e testadas variando de acordo com o terreno disponível. Foram elaborados os projetos executivos de cada uma das tipologias seguindo o princípio de racionalização da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e foram produzidos manuais de construção para orientar a execução das habitações pelo sistema de mutirão. Os resultados da construção de um protótipo de cada uma das tipologias mostraram a importância da racionalização do sistema construtivo e da qualidade da informação incluída no manual de construção para assegurar a otimização dos materiais e serviços empregados.

## Introdução

A população brasileira vem sofrendo nas últimas décadas com crises econômicas, arrochos salariais e com a demora em encontrar novo emprego no mercado de trabalho, o que contribui para ampliar a crise habitacional.

A habitação é um bem inatingível para grande parcela dos brasileiros. Aqueles que conseguem adquirir essa “mercadoria impossível” o fazem, na maioria das vezes, em condições de grande precariedade (CARDOSO; RIBEIRO, 2003).

A Fundação João Pinheiro (1995) apresenta o conceito de necessidades habitacionais em que é considerado: a) déficit – reposição de unidades precárias mais o atendimento à demanda não solvível nas condições de mercado; b) demanda demográfica – necessidade de construção de novas unidades para atender ao crescimento demográfico; e c) inadequação – melhoria de unidades habitacionais com certo tipo de carência. Esse estudo indicou, para 1995, um déficit de 5,6 milhões de moradias e de 13 milhões de moradias que precisam receber melhorias.

O Estado, na busca de rentabilidade do Sistema Financeiro de Habitação, foi privilegiando os segmentos solventes da população e abandonando gradativamente a prioridade à habitação de interesse social. Como consequência, no início da década de 80, o movimento dos sem-teto saiu às ruas exigindo soluções imediatas.

162

Em resposta aos movimentos pela moradia, o Estado implementou programas habitacionais voltados às camadas menos favorecidas do estrato social, priorizando o aspecto quantitativo na busca de fazer mais em menor tempo. Disso decorreu oferta de unidades mínimas em locais inadequados e, na maioria das vezes, não adaptadas às necessidades dos usuários.

Segundo Pereira et al. (2003), ações qualificadas para o setor habitacional requerem aprofundamento metodológico no trato das ques-

tões que estão envolvidas no problema: o uso e gestão da terra, o envolvimento do usuário com o processo produtivo, o treinamento de pessoal especializado e a qualificação dos projetos das unidades e espaços abertos de uso coletivo.

Abiko (1996) menciona os fatores que dificultam o acesso das famílias de baixa renda à habitação: crises econômicas, ausência de políticas públicas para o setor, indisponibilidade física e financeira de terrenos adequados e custos, e a qualidade dos materiais de construção. Esses fatores contribuem para o aumento do número de favelas, cortiços e casas precárias verificado nas grandes cidades brasileiras.

Alguns desafios devem ser superados para que se consiga enfrentar tais dificuldades, entre eles facilitar o acesso à terra urbana legalizada, ampliar as fontes de financiamento, capacitar os agentes dos setores público e privado, modernizar a legislação urbanística e simplificar procedimentos técnicos e operacionais.

Na busca de soluções para seus problemas habitacionais, as famílias individualmente se organizam (recursos e mão-de-obra) para a construção de sua moradia (autoconstrução) ou se agrupam para a construção de várias unidades (mutirão).

A redução dos custos totais de construção por autoconstrução ou mutirão está relacionada à diminuição de custos indiretos e utilização de mão-de-obra da comunidade. Essa redução de custos somente será real se houver coordenação dos projetos, construção racionalizada e utilização de materiais adequados. Desse modo, a busca de alternativas e desenvolvimento de medidas que promovam condições de habitabilidade às populações de baixa renda deve ser um esforço conjunto dos órgãos governamentais nas três esferas, centros de pesquisa e sociedade em geral.

O projeto “Desenvolvimento de habitações de caráter social utilizando bloco cerâmico” resultou no desenvolvimento de quatro tipologias de

habitações de interesse social a partir de uma pesquisa de campo compreendendo a avaliação de conjuntos habitacionais, através de amplo questionário aplicado diretamente aos moradores, das principais cidades das sete regiões que compõem o Estado do Rio Grande do Sul. O conhecimento das diferenças socioeconômico-culturais das regiões, associado à análise dos resultados do questionário e vistorias realizadas nos conjuntos habitacionais, permitiu a identificação das principais características desses conjuntos, bem como a opinião dos moradores. Desse modo, essas informações serviram de subsídios para o desenvolvimento das propostas de tipologias (SOARES et al., 2003).

A definição de emprego de bloco cerâmico com vazados na vertical (Figura 1) está associada às seguintes características: tradição regional de uso de bloco cerâmico; confortos térmico e acústico; maior segurança estrutural; tubulações nos vazados; e utilização da metodologia empregada para alvenaria estrutural (racionalização do processo com conseqüente rapidez de execução, redução de retrabalhos, materiais, perdas, entulhos, etc.).

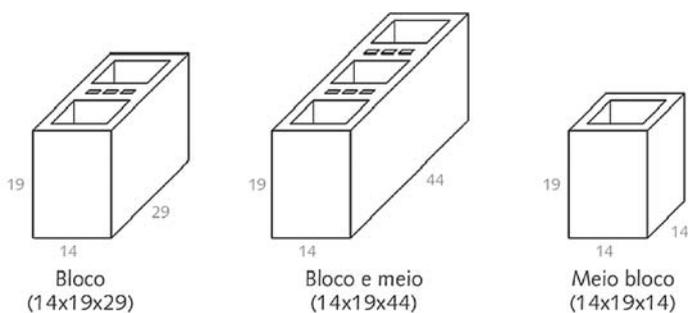


Figura 1 – Bloco cerâmico utilizado nas propostas de tipologias

O projeto “Construção de habitações de interesse social”, financiado pela Finep (SOARES, 2004), teve como objetivo a construção de um protótipo de cada uma das tipologias desenvolvidas no projeto anterior e acompanhar o

desempenho mediante avaliação sistemática. A construção foi pelo regime de mutirão, embora possa também ser executada por processo tradicional.

## Propostas de tipologias

Com base nos resultados obtidos do questionário, aplicado junto aos moradores de diversos conjuntos habitacionais do estado, foram desenvolvidas quatro tipologias (SOARES et al., 2003), nas quais estão previstas suas futuras ampliações, de acordo com a necessidade de seu usuário e a testada do terreno adotada. Além disso, as propostas apresentam características comuns entre si, tais como:

- a) paredes laterais sem aberturas, permitindo habitações geminadas e/ou em fita;
- b) caimento do telhado frente/fundo, possibilidade de forro com pré-laje inclinada ou estrutura de madeira coberta com telha cerâmica;
- c) paredes revestidas externamente com argamassa e bloco aparente na parte interna; e
- d) uso de mesma parede para as tubulações hidrossanitárias da cozinha e do banheiro.

Quanto às dimensões das tipologias, estas variam de 36 m<sup>2</sup> a 65 m<sup>2</sup> e sua testada pode ser de acordo com o terreno disponível, podendo adequar-se à testada adotada, variando de 4 m a 10 m, já que atualmente as testadas verificadas em grandes cidades têm diminuído consideravelmente.

Os projetos foram desenvolvidos seguindo o princípio da racionalização da alvenaria estrutural, isto é, prevendo nos projetos executivos de alvenaria a integração com os projetos arquitetônicos, elétricos e hidráulicos, respeitando a modulação dos blocos, bem como tirando proveito dos vazados na vertical deles para a passagem das tubulações elétricas e hidráulicas.

Respeitando esses critérios, detalharam-se as propostas, fazendo-se, devido ao sistema construtivo adotado, necessário detalhar a planta de primeira fiada, as elevações de cada parede e a locação dos pontos de água e luz, para facilitar a execução das habitações.

A seguir estão descritas as plantas de primeira fiada de blocos das casas construídas por mutirão. Os projetos a seguir descritos não seguem uma escala predefinida em função da formatação do artigo.

### Tipologias para terrenos com desnível

Foi proposta e executada uma tipologia de casa para terrenos com desníveis acentuados – tanto laterais como frente/fundo. A proposta executada era composta de dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro, perfazendo um total de 46,40 m<sup>2</sup> (Figura 2). Esta proposta pode ser ampliada para quatro dormitórios, através da construção de um segundo pavimento, perfazendo um total de 69,7 m<sup>2</sup>.

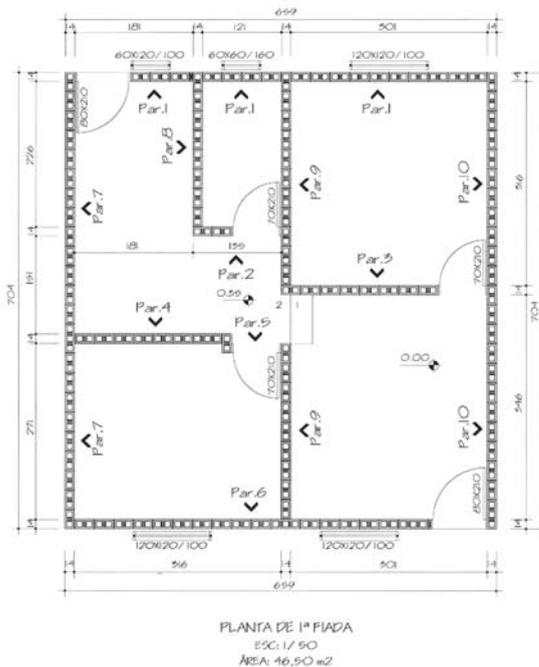


Figura 2 – Tipologia para terreno com desnível



to, perfazendo um total de 45,61 m<sup>2</sup> (Figura 4). Nesta proposta não está prevista ampliação futura.

### Tipologia para até quatro dormitórios

Já a quarta tipologia, projetada para terrenos com 10 m de testada, é prevista para ampliação até quatro dormitórios e área total de 66,75 m<sup>2</sup> (Figura 5). Esta tipologia é prevista para habitações que podem se iniciar com um dormitório (37,4 m<sup>2</sup>) e chegar, com ampliações, a até quatro dormitórios (66,75 m<sup>2</sup>).

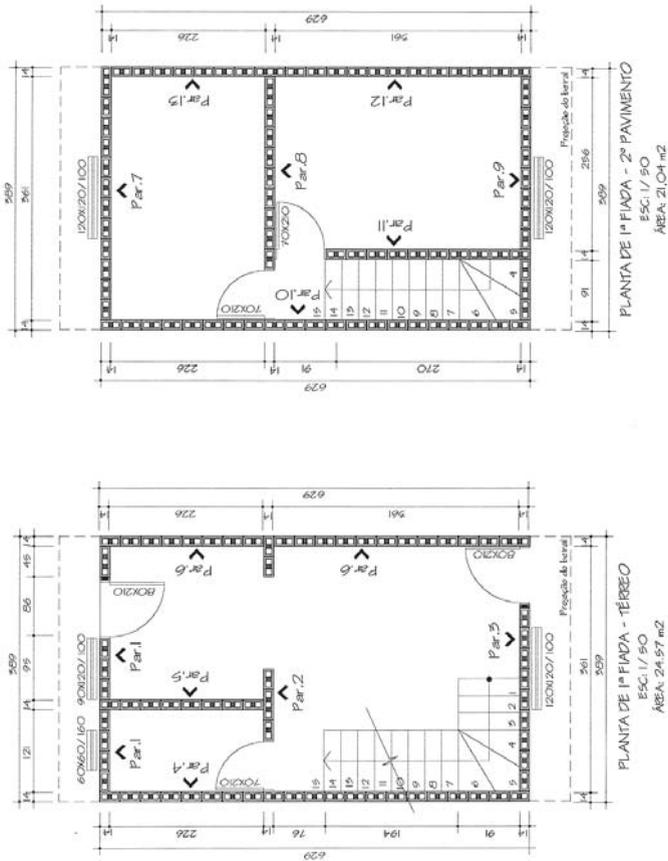


Figura 4 – Tipologia para terrenos estreitos

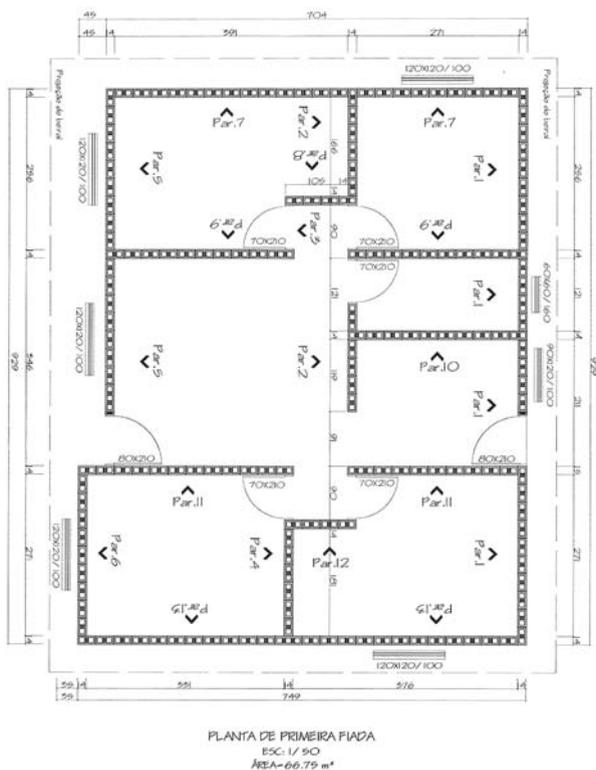


Figura 5 – Tipologia para expansão até quatro dormitórios

## Manuais de construção

De modo a dar todos os subsídios para a execução das casas, propôs-se uma seqüência de execução dos trabalhos, de forma a se obter a padronização das tarefas e garantir a qualidade necessária à habitação. Para isto foi desenvolvido um manual de construção para cada tipologia proposta (SOARES, 2004).

Os manuais abrangem desde a fase de marcação à pintura final das unidades. Considera-se de fundamental importância a existência dos manuais por se tratar de uma proposta de construção onde pode ocorrer a interação das famílias no processo construtivo, com o intuito de minimizar custos.

Os principais itens abordados no manual são:

- a) etapas de marcação;
- b) fundação, que é dependente do tipo de solo;
- c) detalhe da impermeabilização da viga de fundação na base das paredes;
- d) ferramentas necessárias para o assentamento dos blocos;
- e) nomenclatura e dimensões dos blocos e peças especiais utilizadas na execução da alvenaria;
- f) seqüência de execução da alvenaria, iniciando-se sempre pelos cantos (Figura 6);
- g) indicação de gabaritos para manter as juntas niveladas em função de a alvenaria ser à vista;
- h) técnicas para acabamentos das juntas de argamassa;
- i) traço de argamassa da alvenaria, do revestimento externo e do concreto utilizado nas vergas, contravergas e cinta de amarração;
- j) ferragens utilizadas nas vergas, contravergas e cinta de amarração;
- k) forma de concretagem dos blocos canaletas;
- l) detalhe da forma de fixação das tesouras do telhado na cinta de amarração; e
- m) forma de fixação das aberturas nos blocos.

Quanto à parte elétrica e hidráulica, cada manual tem os projetos, mas salienta-se que se deve passar as tubulações sempre pelo interior dos furos dos blocos.

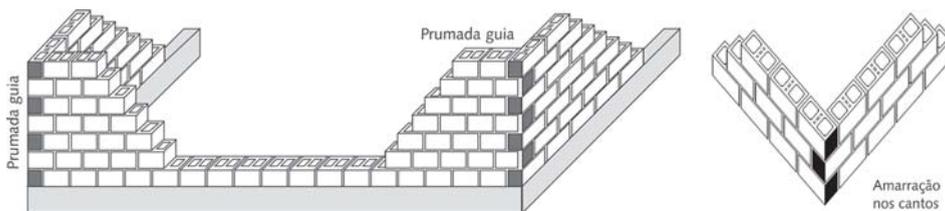


Figura 6 – Detalhes de levantamento das alvenarias

As instalações elétricas, através das paredes, são de fácil execução, pois toda a tubulação desce pelos vazados dos blocos (Figura 7). Assim não há necessidade de qualquer rasgo na alvenaria. Apenas deve-se ter o cuidado de seguir o constante na planta de elevação.

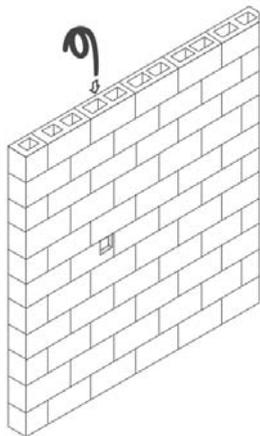
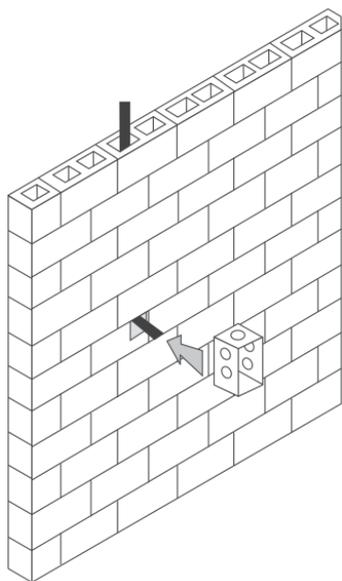
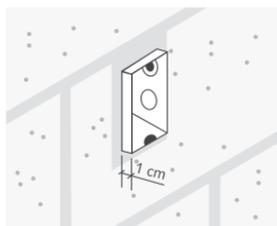


Figura 7 – Descida de tubulações pelos vazados

Após a colocação dos eletrodutos, inicia-se a fixação das caixas de tomadas e interruptores e do CD, observando-se o detalhe das posições para a caixa (Figura 8).



Parede à vista



Parede a ser revestida

Figura 8 – Detalhe de fixação de caixa de luz

Depois de feita a descida dos eletrodutos, faz-se o assentamento da cinta, com o cuidado de que a tubulação a ultrapasse, por seus furos já existentes, garantindo que a fiação terá caminho até o ponto de tomada de energia (Figura 9).

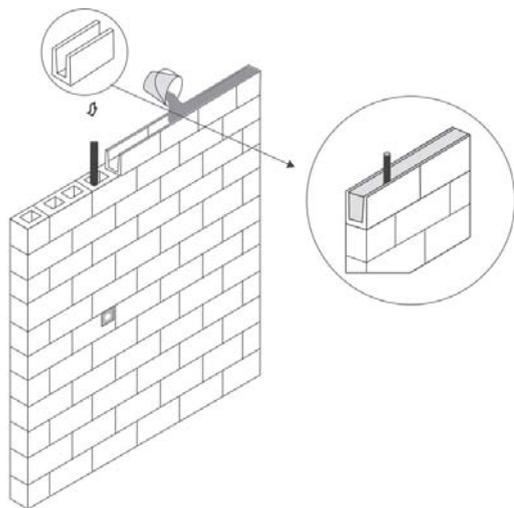


Figura 9 – Tubulações passando pela cinta de amarração

Por a alvenaria ser aparente, o manual desenvolvido salienta fortemente a importância de manter a junta com 1,0 cm de espessura na execução da alvenaria (Figura 10). Além de manter a junta com esta espessura, também é importante manter as paredes limpas, isto é, passar esponja na junta e nos blocos para não ficar resíduos de argamassa que prejudicariam o acabamento final da parede.



Figura 10 – Detalhe de juntas de argamassa nas alvenarias

A argamassa a ser utilizada no assentamento deve ter a consistência adequada ao equipamento utilizado e ao peso das unidades empregadas. Dessa forma facilitaremos o trabalho, não necessitando muita pressão para acomodar os blocos, ou ficar segurando-os, a fim de que a argamassa não flua da junta de assentamento. Assim, apenas apresentamos uma recomendação de traço (argamassa mista). A adição de água fica a critério do assentador.

É importante salientar que, mesmo havendo um manual de construção, não se exime a necessidade de haver um profissional habilitado para orientar a construção dessas habitações ante o grande número de itens existentes em uma obra.

É de fundamental importância que o projeto seja adequado à legislação municipal onde serão construídas as habitações.

## Construção dos protótipos

Para a construção dos protótipos pelo sistema mutirão foram selecionadas famílias a serem beneficiadas com as habitações adotando-se critérios tais como: estar empregado; família com número de filhos compatível com a área da casa; e assumir compromisso de participar de reuniões, treinamento e mutirão, de não alterar a casa e de permitir o acesso de técnicos para avaliação e vistoria nos primeiros cinco anos.

A primeira etapa executada foi a limpeza do terreno, seguida da marcação das fundações. Em função das características do solo optou-se por fundação do tipo estacas escavadas, que resultaram em uma profundidade aproximada de 6 m e diâmetro 30 cm. Após a execução das fundações profundas foi realizada a regularização do terreno, arrasamento das estacas, e executadas fiadas de pedras de arenito para proporcionar um nível mais alto e reduzir problemas de umidade. Sobre esta base, construiu-se uma viga de concreto armado de dimensões de 20 cm x 30 cm.

A próxima etapa realizada foi o nivelamento da base do contrapiso, regularizando e compactando o solo com adensamento manual. Seguiu-se a concretagem do contrapiso com uma camada de, aproximadamente, 8 cm de espessura. A impermeabilização das vigas de fundação, utilizando-se hidroasfalto, foi realizada nos locais onde estava prevista a execução de alvenaria.

Para a execução da alvenaria foram utilizados blocos cerâmicos estruturais, com vazados na vertical, e faces lisas. Iniciou-se a alvenaria pela marcação da primeira fiada, seguindo-se a elevação da parede, usando-se a técnica construtiva de alvenaria aparente, isto é, mantendo as juntas regulares e a superfície devidamente limpa.

As esperas das tubulações elétricas e hidráulicas foram executadas conjuntamente com a elevação da alvenaria, evitando assim quebras posteriores nas paredes.

As tesouras do telhado foram confeccionadas em madeira de eucalipto, dispostas com espaçamento aproximado de 85 cm. O ripamento utilizado para colocação das telhas cerâmicas, de madeira de cedrinho, foi espaçado a cada 30 cm.

A etapa posterior à execução da cobertura compreendeu a colocação da fiação elétrica, instalação da caixa d'água, bem como passagem das tubulações de água. Em seguida, foi montada a estrutura do forro, em madeira de cedrinho, e fixadas as tábuas de acabamento, estas em madeira de pinus.

O revestimento externo foi executado com espessura média de 2 cm, aplicado sobre parede previamente chapiscada.

Quanto às janelas e portas, optou-se em utilizar dois tipos de aberturas: madeira e metálica, sendo definido que em uma das tipologias foi utilizada esquadria metálica; em duas outras, madeira mista; e em outra, madeira nobre. O objetivo dessa variação é analisar seu desempenho ao longo do tempo.

O piso utilizado como acabamento foi do tipo cerâmico de dimensões 30 cm x 30 cm em todos os ambientes. O revestimento cerâmico nas paredes foi aplicado somente no box do banheiro e em uma faixa de 60 cm de altura sobre a pia da cozinha.

Para o acabamento das paredes internas utilizou-se textura acrílica aplicada diretamente sobre o bloco cerâmico. Em um dos ambientes, porém, manteve-se o acabamento de bloco aparente, havendo somente a aplicação de esmalte incolor. As fachadas receberam aplicação de revestimento de argamassa e pintura de tinta acrílica.

Os quatro protótipos construídos foram formalmente entregues aos moradores em dezembro de 2003, em reunião com presença de autoridades, representantes da CAIXA/RS, imprensa com exposição detalhada do projeto e visita às unidades.

As Figuras 11 a 41 apresentam uma seqüência completa de construção dos protótipos, desde a identificação do projeto até a entrega das habitações aos moradores.



Figura 11 – Placa de identificação do projeto



Figura 12 – Execução das fundações



Figura 13 – Compactação do solo de contrapiso



Figura 14 – Impermeabilização das vigas de fundação



Figura 15 – Alvenarias – destaque da 1ª fiada



Figura 16 – Execução das alvenarias



Figura 17 – Detalhe do bloco para caixa de luz

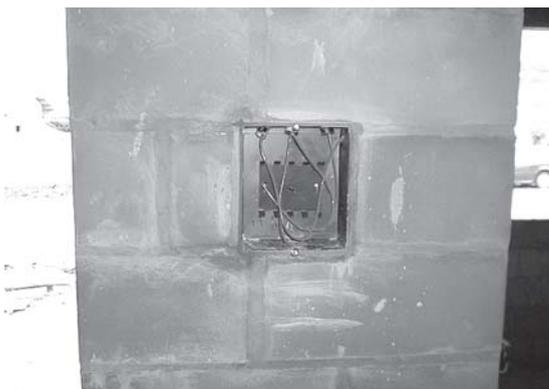


Figura 18 – Detalhe do centro de distribuição



Figura 19 – Esperas deixadas na cinta para passagem de tubulações



Figura 20 – Vista geral das unidades em construção



Figura 21 – Término das alvenarias – casa em desnível



Figura 22 – Término das alvenarias – casa de dois dormitórios



Figura 23 – Término das alvenaria – casa de dois andares



Figura 24 – Término das alvenarias – casa de quatro dormitórios



Figura 25 – Montagem da laje da casa de dois andares



Figura 26 – Montagem da estrutura do telhado



Figura 27 – Detalhe da estrutura do telhado



Figura 28 – Execução de revestimento



Figura 29 – Vista de aberturas e colocação de vidros



Figura 30 – Forro de madeira



Figura 31 – Banheiro – cerâmicas e louças



Figura 32 – Detalhe de piso cerâmico



Figura 33 – Fossa séptica e filtro



Figura 34 – Revestimento interno de textura sobre o bloco



Figura 35 – Pintura externa



Figura 36 – Organização do entorno pelos futuros moradores



Figura 37 – Solenidade de conclusão do projeto e entrega das casas



Figura 38 – Entrega da casa 01 – desnível



Figura 39 – Entrega da casa 02 – dois dormitórios



Figura 40 – Entrega da casa 04 – quatro dormitórios



Figura 41 – Entrega da casa 03 – dois andares

## Considerações finais

Os quatro protótipos de unidades habitacionais construídos tiveram suas tipologias definidas a partir de uma ampla pesquisa dos principais aspectos dos conjuntos habitacionais das diversas regiões do Rio Grande do Sul, compreendendo entrevistas com os moradores e vistorias.

As tipologias apresentam características técnicas e econômicas que permitem diversas soluções de construção (isolada, em fita, geminada, desnível e sobrado), além da possibilidade de ampliações planejadas (36 m<sup>2</sup> a 65 m<sup>2</sup>) e condições dignas de moradia.

O sistema construtivo é racionalizado, de forma a assegurar a otimização dos materiais e serviços. Os manuais de construção fornecem subsídios para a compreensão do sistema e servem de orientação para cursos/treinamentos e para a construção em sistemas de mutirão ou tradicional.

A construção dos protótipos em regime de mutirão mostrou serem fundamentais as reuniões sistemáticas para integração, motivação, orientação e treinamento.

A experiência acumulada com o desenvolvimento das propostas de tipologias e construção dos protótipos serviu de ensaio para o emprego de diversas técnicas que se traduziram em recomendações seguidas por vários projetos de condomínios de habitações de interesse social no Estado do Rio Grande do Sul, entre elas: utilização de telha cerâmica; forro de madeira para habitações térreas; blocos aparentes internamente; aplicação de textura com rolo para melhorar o acabamento interno das paredes; e paredes externas revestidas com argamassa.

## Agradecimentos

A equipe agradece o apoio/financiamento das seguintes entidades: Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Universidade Federal de Santa

Maria (UFSM), Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência (Fatec), Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC/UFSM) e Universidade de Santa Cruz do Sul (Unisc).

## Referências Bibliográficas

ABIKO, A. K. Gestão habitacional e mutirão. In: MUTIRÃO HABITACIONAL. São Paulo, 1996. **Anais...** São Paulo: EPUSP/PCC, 1996. v. 1, p. 1-11. (Curso de Formação em Mutirão).

CARDOSO, A. L.; RIBEIRO, L. C. Q. Os municípios e as políticas habitacionais. Coletânea HABITARE, v. 1, p. 15-33. ANTAC, Porto Alegre, 2003.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil**. Belo Horizonte, 1995.

PEREIRA, F. O. R.; PEREIRA, A. T. C.; SZUCS, C. P.; PERES, L. B.; SILVEIRA, L. R. M. **Características da habitação de interesse social na Região de Florianópolis**: desenvolvimento de indicadores para melhoria do setor. Coletânea HABITARE, v. 1, p. 161-209. ANTAC, Porto Alegre, 2003.

SOARES, J. M. D.; SANTOS, M. D. F.; POLETTI, L. **Habitações de caráter social com a utilização de bloco cerâmico**. Coletânea HABITARE, v. 2, p. 69-93. ANTAC, Porto Alegre, 2003.

SOARES, J. M. D. **Construção de habitações de interesse social**. Relatório Final de Projeto de Pesquisa – FINEP – HABITARE, Santa Maria, RS, 2004.

# COLETÂNEA HABITARE

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim** é arquiteto (1974), mestre (1981) e doutor (1995) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É professor titular da Universidade Federal Fluminense desde 1984. Atua nas áreas de qualidade, gerenciamento, tecnologia e planejamento e projetos de edificação. Coordenou o Centro de Referência e Informação em Habitação (INFOHAB).

E-mail: [leusin@ism.com.br](mailto:leusin@ism.com.br)

# 8.

## CDCON: classificação e terminologia para a construção

Sérgio Roberto Leusin de Amorim e Lucia de Almeida Peixoto

### Resumo

Os problemas derivados da ausência de uma terminologia consolidada e da multiplicidade de propostas de classificação de elementos e componentes da edificação têm dificultado a implementação de tecnologias de informação na construção, em especial no aspecto de interoperabilidade de sistemas. Em consequência, há perdas qualitativas e de recursos em toda a cadeia do setor. O projeto CDCON é uma contribuição para o desenvolvimento dessa terminologia e de um sistema de classificação, elaborado com base na norma ISO PAS 12006-2 e em extensa pesquisa bibliográfica, bases de dados públicas e privadas e consultas a especialistas. Ele propõe uma estrutura básica para a descrição de todos os objetos do universo de produção do ambiente construído, apresentando termos e conceitos consolidados e seu inter-relacionamento lógico, de modo a facilitar o desenvolvimento de sistemas de gestão, projeto e comércio na construção.

# 1 Por que são necessárias terminologia e classificação?

*Without classification, there could be no advanced conceptualization, reasoning, language, data analysis or, for that matter, social science research.*

BAYLEY, Kenneth, 1994

A indústria da construção incorpora uma enorme variedade de materiais, serviços e equipamentos, oriundos de diferentes setores, desde a extração mineral manual até indústrias de processo e de transformação com tecnologias sofisticadas. Cada um deles tem características próprias que se refletem em linguagens técnicas específicas. Alguns setores já definiram suas terminologias, porém algumas vezes elas não são bem disseminadas e podem ser até conflitantes. Quando utilizamos esses produtos, somos obrigados a utilizar suas sistemáticas de especificação e referência, algumas vezes com problemas decorrentes do desconhecimento do contexto específico.

Embora a cadeia de produção do setor não seja extensa, ela é variada horizontalmente e cada participante define seus próprios códigos de referência para seus produtos, o que gera uma grande dificuldade de caracterizá-los de modo indiscutível e, também, de identificar as similaridades.

Tal quadro é agravado pelas diferenças regionais e setoriais na terminologia. Diversos termos são utilizados para o mesmo produto segundo a região do país ou de acordo com o setor. Ladrilhos e azulejos, bombeiro ou encanador, blocos e tijolos, bacias e vasos, rufos e algeroz são alguns exemplos dessa variedade que chega a surpreender.

Para superar esses problemas, diversos esforços foram e continuam sendo desenvolvidos no plano internacional, destacando-se o EPIC, o OCCs e o UNSPSC<sup>1</sup>. Entretanto, nenhuma das proposições sugeridas tem con-

<sup>1</sup> EPIC: European Product Information Co-operation

– ver <http://www.epicproducts.org>; OCCs: Omniclass Construction Classification System

– ver <http://www.occsnet.org/>; UNSPSC: United Nations Standard Products and Services Classification

– ver <http://www.unspsc.org/>

seguido plena aceitação no setor da construção, por razões diversas, algumas delas abordadas adiante.

A definição de uma terminologia para determinada área de conhecimento é uma etapa fundamental para a consolidação de um domínio técnico. A exata definição de termos e seus respectivos conceitos e inter-relacionamentos constitui uma referência indispensável para o desenvolvimento da área.

Já as classificações vêm sendo largamente utilizadas para uma melhor compreensão do universo em que vivemos e estão presentes em quase todos os momentos, ainda que às vezes de modo subjetivo e quase imperceptível. A organização em classes facilita a descrição de ambientes, produtos, serviços, e pode incrementar o comércio e a produção.

Porém, a percepção das diferenças que nos leva a agrupar em classes as coisas, pessoas ou, até mesmo, elementos virtuais depende dos valores e interesses do observador. Tudo que percebemos pode ser considerado como um “objeto” a ser descrito, uma abstração de alguma coisa em um domínio de problema, contendo um conjunto de informações sobre as suas capacidades de interação.

Segundo esta abordagem, é possível identificar os objetos que estão presentes na produção do Ambiente Construído, um grande conjunto representado em primeira instância por seus termos denominativos, representativos de conceitos. Esses objetos podem ser agrupados segundo diferentes critérios, compondo uma classificação que visa facilitar a descrição do conjunto e a recuperação da informação a seu respeito.

O estabelecimento de conjuntos de terminologia de referência e sistemas de classificação de objetos em um determinado universo visando facilitar a comunicação e, por conseqüência, o comércio e a qualidade dos serviços e produtos tem sido uma prática corrente em diversas áreas, tais como na indústria aeronáutica, na farmacêutica e mesmo na construção,

ainda que, neste último caso, restrita a alguns países. Observam-se algumas diferenças entre a postura européia, fortemente calcada em um movimento de normalização, e a abordagem americana, baseada nas boas práticas estabelecidas em um setor e organizadas por uma instituição de cunho técnico comercial. Exemplos dessas diferenças podem ser percebidos no projeto europeu LexiCon<sup>2</sup> e no sistema Masterformat<sup>3</sup>, norte-americano.

A existência dessas bases comuns possibilita o desenvolvimento de aplicativos e ferramentas informatizadas de modo mais fácil, pois a integração entre sistemas passa pela existência de dicionários de dados bem estabelecidos. Quando isso não existe, como no caso brasileiro, surge uma grande dificuldade na comunicação entre sistemas diferentes. São comuns queixas de usuários e desenvolvedores sobre problemas de integração entre aplicativos de diferentes fornecedores ou voltados a diferentes objetivos, mas com referência a objetos, na verdade, idênticos. Sistemas de controle de produção que não se ligam corretamente aos sistemas contábeis e controles de pessoal isolados dos demais e são exemplos dessa falta de interoperabilidade de sistemas, o que tem trazido prejuízos ao setor da construção<sup>4</sup>.

As dificuldades geradas por tal situação e as decorrentes de erros e incongruências nas especificações estão dispersas em todas as fases do ciclo de produção de edifícios, desde o retrabalho de digitação em diversas etapas do projeto até o fornecimento e aplicação desses produtos e serviços, gerando perdas e prejudicando a eficiência do setor como um todo. Em particular, o desenvolvimento de ferramentas de apoio à gestão é bastante dificultado, o que exige de seus desenvolvedores esforços desproporcionais que poderiam ser evitados por uma referência pública bem estabelecida.

<sup>2</sup> Ver <http://www.stabu-lexicon.com/>

<sup>3</sup> Ver <http://www.csinet.org>

<sup>4</sup> Ver Jacoski (2003)

O projeto CDCON foi idealizado com o objetivo de desenvolver uma terminologia e um sistema de classificação que sanasse essas lacunas, oferecendo uma base segura para o desenvolvimento de sistemas de apoio à gestão da produção e, em especial, à gestão de conhecimento na construção, com base em uma terminologia plenamente aceita e inter-relacionada com produtos e serviços. Desse modo, é possível um domínio completo sobre a base de conhecimento da empresa, vinculando eventos de seu processo de produção a componentes e ordenando o acervo decorrente da experiência da organização.

Embora, por uma multiplicidade de fatores, este objetivo não tenha sido plenamente atingido, acreditamos que os resultados do projeto contribuem para a melhor compreensão da problemática e, certamente, propiciam melhores condições para atingir esse objetivo, no futuro.

## 2 Abordagem de processo

A abrangência do projeto foi limitada ao contexto da edificação, considerando-se o seguinte conceito de “edificação” (AURÉLIO, 1999): “1. *Ato ou efeito de edificar(-se)*. 2. *Construção de edifício(s)*. 3. *Qualquer construção, isolada ou em grupo, que se eleva numa determinada área ocupada pelo homem; casa, prédio*”, em um primeiro momento abordando tanto o aspecto do processo da construção como o objeto edificado em si. Porém, ocorrem diferenças significativas neste contexto, conforme ele tenha como objetivo ordenar o conhecimento apenas sobre produtos, materiais ou serviços, ou se for voltado a todas as questões envolvidas com o processo construtivo e os produtos dele resultantes.

Para o primeiro caso, é possível limitar-se ao processo de construir, pois todos eles estarão aí incluídos. Para o segundo, é preciso descrever as características do produto resultante, seja em termos de tipologia ou de morfologia. Como veremos, em ambos os casos uma visão sistêmica privi-

legiando os processos inseridos neste universo permite estabelecer uma lógica clara para o universo enfocado.

As relações entre produtos *da* e insumos ou produtos *para* construção, os agentes intervenientes e as restrições inerentes podem ser bem definidos a partir desta abordagem. A inter-relação dos conceitos pode ser resumida na Figura 1: Visão de processo construtivo. Ela se baseia no conceito de processo como um fluxo de transformação, em que as entradas podem ser materiais ou imateriais (informação), que necessitam de agentes, são sujeitos a restrições e resultam em saídas, os produtos deste processo. Eles também poderão ser físicos ou de informação. Todos os objetos descritos possuem atributos, conjuntos de propriedades associadas, sendo alguns destes compartilhados entre os diferentes componentes do universo considerado.

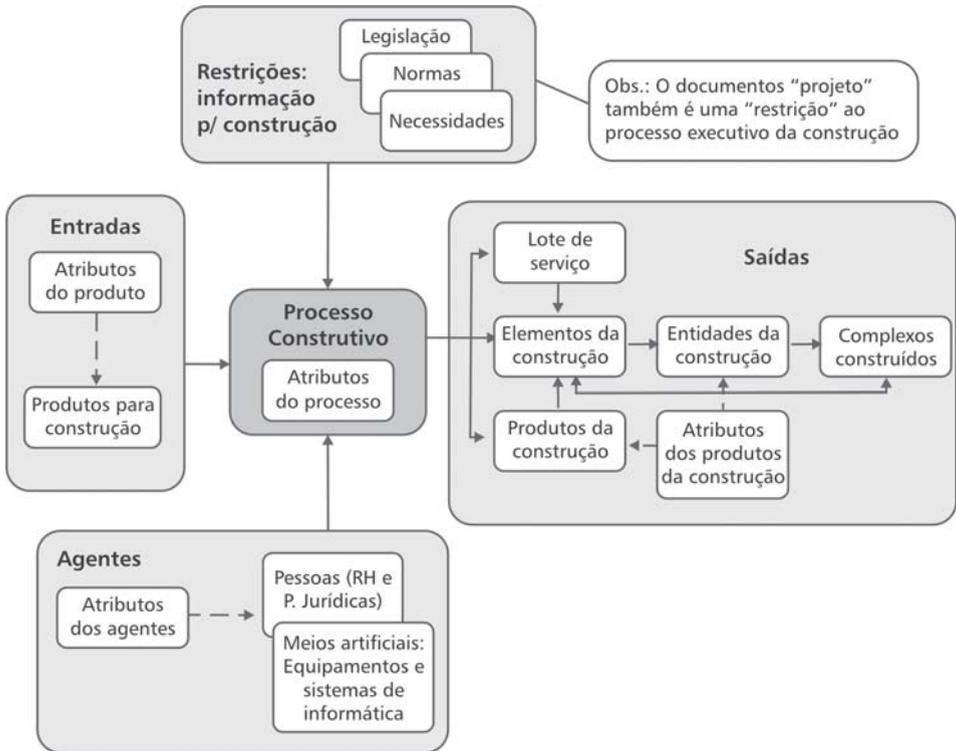


Figura 1: Visão de processo construtivo

### 3 Conceitos básicos

A correta contextualização dos termos e conceitos faz parte da construção da terminologia. Ela não pode ser excludente, devendo abranger regionalismos e usos específicos, de modo a refletir esse aspecto do universo do conhecimento enfocado. Em geral, isso se dá por meio de associações e relacionamentos entre termos. Porém, para facilitar a definição destes vínculos, é usual classificá-los em grupos com similaridade definida.

Do mesmo modo, a maneira de denominarmos os objetos também depende dos usuários e do contexto em que eles estão inseridos e deve ser contextualizada e consensual. O conjunto das denominações dos objetos de um universo considerado constitui a respectiva terminologia.

No início do Projeto, foi estudada a metodologia para elaboração de tesouros como modelo de classificação para representação dos termos da área. Mas a metodologia de tesouros não se revelou eficaz para a classificação, pois percebemos que nesta abordagem os termos são definidos por suas características lingüísticas, e não por dados conceituais. No decorrer das atividades, verificamos que a Teoria da Classificação Facetada norteava melhor o desenvolvimento do trabalho.

Tanto a Teoria de Tesouros como a Teoria da Classificação Facetada são oriundas da Ciência da Informação e visam à recuperação da informação bibliográfica, não abrangendo de forma completamente satisfatória o escopo do projeto CDCON.

O objetivo colocado para o projeto CDCON foi a normalização dos termos e conceitos específicos da área, criando uma taxonomia e rede de conceitos, ou *ontologia*, que permitisse a interoperabilidade de sistemas. Sendo assim, percebemos que a utilização de teorias específicas para indexação e recuperação de documentos não alcançaria os resultados esperados, pois, apesar de sistematizarem a área do conhecimento, descrevem os termos a partir de suas características lingüísticas – e não conceituais

–, o que nos fez aprofundar o estudo de outras metodologias, entre elas a Teoria da Classificação Facetada.

Esta classificação foi desenvolvida por Raganathan e tinha como objetivo sistematizar os termos das áreas do conhecimento com o intuito de organizar bibliotecas. Para Raganathan, as idéias de uma área de assunto – não estamos falando ainda de conceitos – podem ser vistas como um todo e ser sempre reunidas em cinco categorias fundamentais, ou facetas, que ele denomina *Personalidade, Matéria, Energia, Espaço e Tempo* (ESPANHA, 1996).

O esquema de facetas “quebra” os assuntos em categorias fundamentais. Isso significa que a natureza dos conceitos é examinada e separada em grupos homogêneos, de acordo com características bem divididas. Tais divisões formam a espinha dorsal da estrutura de classificação.

O uso de categorias na organização de conceitos e, em conseqüência, na elaboração de uma classificação é um recurso para o entendimento da natureza do conceito e para a formação das estruturas conceituais.

As categorias possuem a propriedade de possibilitar a sistematização do conhecimento. Essas categorias são facilmente visíveis a partir das características dos termos, definidas no conceito, dentro da área do conhecimento abordada. A definição de categorias nada mais é do que uma utilização de classificação facetada.

Uma faceta é um conjunto exaustivo de propriedades semelhantes. As propriedades que determinam as classes em uma determinada área do conhecimento podem ser ordenadas por uma crescente especificação do geral para o particular. Propriedades de um patamar superior são gerais, e propriedades de patamares inferiores são específicas. Em outras palavras, um objeto que esteja em um patamar abaixo de outro guarda propriedades comuns com o superior, mas mantém outras características específicas. Pode-se dizer que ele “herda” algumas de suas propriedades, sem prejuízo de sua caracterização. Por exemplo, um integrante da classe “espaços” sempre terá entre as suas propriedades as suas “dimensões”, tais como altura, largura, etc.

O propósito de uma classificação é distinguir os termos em um conjunto, tornando-os únicos. No sentido de tornar a classificação exaustiva, todo termo em um conjunto deve estar atribuído a uma classe e, no sentido de a classificação ser precisa, cada termo deve pertencer somente a uma classe. Sem esse critério, haverá termos sem classificação e termos que pertencerão a mais de uma classe no mesmo patamar (Renque). Em ambos os casos as classes não estarão adequadamente definidas (EKHOLM, 2000). Esse é um problema comum nas propostas do MasterFormat e de outras classificações hierarquizadas, desenvolvidas a partir de uma abordagem prática ou empírica, onde encontramos objetos que podem pertencer a várias seções da classificação.

Já uma classificação facetada permite combinar livremente um conjunto de propriedades que caracterize um termo e é capaz de aceitar novos termos para serem classificados com grande facilidade. Outro grande diferencial da classificação facetada é sua capacidade de se criarem novas estratégias de busca e suas aplicações em sistemas inteligentes.

A classificação em facetas do CDCON seguiu a Teoria da Classificação Facetada de Raganathan, quanto à lógica de agrupar as idéias e quanto à sua característica mais dominante: objeto da construção, processos, atributos. No entanto, para melhor entendimento e aplicabilidade da classificação, foram propostas mais do que as cinco facetas preconizadas pelo seu autor.

## 4 Estrutura básica da classificação proposta

Ainda que o foco do projeto fosse a “classificação de serviços e produtos para a edificação”, verificamos a necessidade de definir um quadro mais amplo, analisando a inserção dessa classificação de informação em um universo mais abrangente. Não seria conveniente desvincular o tema específico do todo, pois isso levaria, durante o processo de análise, a lacunas conceituais que poderiam prejudicar a compreensão do objetivo es-

pecífico. Essa abordagem significou articular em uma mesma estrutura lógica a visão de estrutura de classificação e a abordagem orientada a objetos.

Neste enfoque, objeto “é uma unidade real ou abstrata, individualizada e identificável que modela um conceito presente na realidade, ocupando espaço físico (mundo físico) ou lógico (na memória)” (FURLAN, 1998).

Assim, os conceitos básicos apresentam-se calcados na visão de um “*Universo da Construção*”, conjunto de objetos, entendidos aí coisas, pessoas, meios e documentos, que definem ou constituem um objeto construído ou participam da sua produção. Um objeto da construção pode ser algo material ou imaterial, tal como alguns documentos e sistemas informatizados. Já um “objeto construído” é um espaço delimitado fisicamente por ação de um agente, com intenção específica. Nota-se que intenção vincula-se a uso, mesmo que este seja uma satisfação estética.

Uma vez que o ambiente construído, por sua natureza, é o resultado de um processo de construção, privilegiou-se esta abordagem de processo para caracterizar suas classes primárias de objetos.

Uma visão esquemática do universo geral em que se insere esta proposta de classificação está na Figura 2: Classes Primárias de Objetos da Produção do Ambiente Construído.

Nela percebem-se as três classes primárias de objetos, identificadas a partir de seus papéis no processo de produção:

- a) aqueles que descrevem o produto (saídas) deste processo, o ambiente construído, os objetos construídos, ou produtos da construção;
- b) os relativos à descrição dos processos necessários para a sua produção, inclusive meios e agentes; e
- c) as entradas destes processos, ou produtos para a construção, materiais e outros componentes que serão objeto de transformação e incorporação na construção.

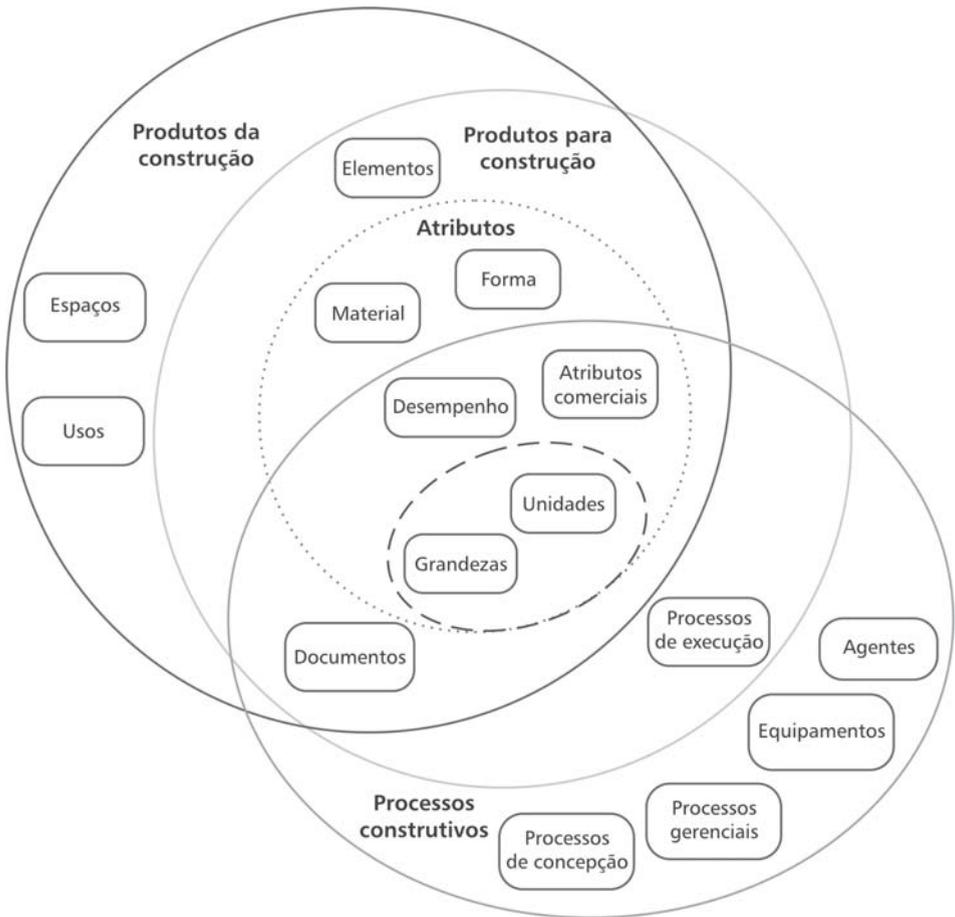


Figura 2: Classes Primárias de Objetos da Produção do Ambiente Construído

Estas três grandes classes de objetos compartilham diversos conjuntos de propriedades que devem ser descritas para a completa caracterização dos objetos. Elas constituem um conjunto especial de entidades, os atributos. Por sua vez, para valorarmos estes atributos, ainda é preciso um sistema de unidades e grandezas. Estes constituem o núcleo comum para descrever qualquer objeto.

Um objeto só pode ser adequadamente definido pela associação de, no mínimo, duas facetas, mas uma definição precisa certamente incluirá

diversas facetas. Já a constituição de uma classe se dá por um conjunto específico de facetas.

Nesta concepção, produtos para a construção são materiais e componentes que passam por um processo de transformação, ou seja, serão processados fisicamente (cortados, dobrados, etc.) ou quimicamente e incorporados a um elemento da construção. Correspondem, de modo geral, à categoria de insumos básicos de outros sistemas, tal como o Sinapi<sup>5</sup>, mas excluem os recursos humanos e equipamentos, bem como todos os produtos que não sejam incorporados à construção, tais como formas, combustível, etc. Estes estarão contemplados na classe de *agentes*.

Embora possa parecer contraditório utilizar o termo “produto” para uma entrada de um processo, optamos por mantê-lo por acreditar que seja uma referência consagrada.

É interessante destacar a diferença entre um produto para a construção “básico” como “tábua” e a faceta “*material*”. Enquanto o primeiro tem um conjunto de atributos, entre eles sua composição, a faceta “*material*” aborda apenas o componente básico. Por exemplo, “madeira” é uma referência a um material, já “tábuas” ou mesmo “madeira em toras” ou “madeira em bruto” são diferentes insumos (produtos para a construção) que podem ser incorporados à construção.

A definição de produto para a construção necessita, no mínimo, da associação entre a faceta “*material*” e a faceta característica de “*atributo comercial*”, em geral embalagem, ou a faceta “forma”, ainda que esta seja “amorfa”. No primeiro caso, temos o exemplo do cimento, em sacos ou a granel; no segundo, a areia, em que a forma é usualmente representada pela sua granulometria.

<sup>5</sup> Sinapi: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Ver <https://webp.caixa.gov.br/casa/sinapi/index.asp?menu=0> (acesso em 28/06/2005).

Como se percebe na Figura 2, existem aspectos que estão relacionados a mais de uma ou a todas as classes primárias sugeridas. Mas um ponto fundamental são as diferenças de natureza entre elas. Elementos e espaços, objetos que compõem as “entidades do ambiente construído”, são fisicamente definidos, “processos construtivos” são objetos virtuais com agentes materializados ainda que partes deles não necessariamente sejam agentes físicos, enquanto atributos são qualidades ou propriedades associadas a estes objetos, podendo ser mensuráveis (quantitativas) ou qualitativas.

Uma constatação interessante é que os produtos para a construção não apresentam nenhuma faceta exclusiva, sendo todas elas compartilhadas com outras classes. Isso leva à constatação de que não é necessário desenvolver uma abordagem de classificação específica para este conjunto, pois ele poderá ser definido a partir da associação entre facetas estruturadas pelas outras classes.

Esta visão difere num ponto importante daquela que se depreende dos modelos de especificação e classificação para a construção mais comuns no Brasil, adotados por vários métodos de orçamentação e controle<sup>6</sup>. Em geral, eles se baseiam no conceito de “insumos”, que engloba tanto materiais e produtos consumidos no processo construtivo como os recursos humanos e equipamentos. Mais adiante discutiremos os inconvenientes dessa sistemática.

No enfoque adotado, “produtos para a construção” são considerados como objetos da construção, mas que só se definem plenamente a partir de sua inserção em um processo, para a obtenção de um elemento do ambiente construído. Em outras palavras, para se configurar como produto para a construção, um objeto deve ser um elemento associado ao processo de suprimentos ou a seus subprocessos, ou a um dos processos executivos na

<sup>6</sup> Ver, por exemplo, o TCPO (em [www.pinweb.com.br](http://www.pinweb.com.br)) ou o sistema Sinapi.

obra. Daí a razão de não se constituírem como facetas, ainda que sejam uma classe primária de objetos, pois não necessitam de nenhuma faceta exclusiva para a sua descrição, sendo definidos apenas pela associação de facetas comuns aos demais objetos.

Na abordagem adotada, um produto para a construção só se torna um “objeto da construção” quando for incorporado a um objeto da construção, em geral um elemento, como parte de um processo construtivo. A classificação dos produtos, portanto, deve ser estabelecida de acordo com esta inserção, considerando o elemento e o processo associados. Como essas associações dependem das tecnologias envolvidas, sendo temporais, a classificação será vinculada a este contexto, ou seja, terá um caráter síncrono<sup>7</sup>.

Este conceito é um pouco diferente do dos sistemas de classificação baseados na ISO PAS 12006-2, embora não seja conflitante. Ele apresenta a classe “produtos para a construção” de modo separado das demais e seu melhor exemplo de desenvolvimento é a proposta EPIC, já referenciada. Nota-se que ela pode ser utilizada em pleno acordo com o que apresentamos, mas julgamos que é desnecessária uma classificação hierárquica para produtos para a construção, uma vez que eles dependem de um contexto muito variável. Manter semelhante esforço seria redundante e até mesmo conflitante com a classificação geral dos objetos da construção. Entre as tabelas do OCCS existe a de número 23, destinada aos produtos. Porém, um olhar mais atento sobre seu conteúdo verifica que ela se compõe de termos presentes em outras tabelas, sendo, portanto, redundante do ponto de vista da descrição dos objetos.

Exemplos de como a variação de contexto contribui para a caracterização dos produtos para a construção podem ser apresentados a partir de quase todos os elementos da construção, seja uma porta, que pode ser

<sup>7</sup> Ver Bailey (1994) a respeito de classificações síncronas.

montada na obra a partir de componentes separados ou adquirida completa, seja uma viga, que pode ser moldada na obra ou adquirida pré-fabricada.

Isso não invalida a classificação dos produtos, mas relativiza sua importância e obriga a buscar modos de estruturá-la que sejam mais estáveis e menos dependentes do estágio tecnológico da obra e de seu contexto. Uma forma de melhorar essa situação é definir um modelo de descrição de produtos cuja classificação é uma visão complementar ou acessória. Mesmo que ela se altere, o modelo descritivo básico permanece. Este ponto será desenvolvido quando abordarmos a codificação de produtos para a construção, mais adiante.

Esse objetivo pode ser alcançado se o modelo descritivo dos objetos “produtos da construção” não estiver baseado em uma hierarquia única, mas sim em uma matriz de facetas, como nos referimos anteriormente. Transpor a matriz para um sistema de codificação é relativamente simples, pois o código pode representar a pertinência de cada aspecto da faceta em relação ao objeto considerado, não havendo necessariamente uma ordem de apresentação das facetas.

Esta proposta de estrutura de classificação de materiais, produtos e serviços da edificação articula algumas facetas já contidas no Relatório Técnico “ISO TR 14177 1994a”, concentrando-se nas facetas “elementos”, “matéria”, “forma”, “processos de execução”, bem como nos conjuntos de atributos associados. As facetas “espaços” e “uso” (tipologia da construção) têm importância relativa para os propósitos da Codificação e Classificação de Produtos e Serviços, que tem como objetivo indexar todos os materiais, produtos e serviços da construção com foco técnico-comercial. Poucos produtos para a construção são exclusivos de um tipo edilício e, quando eles ocorrem, podem ser diferenciados em função de outros aspectos ou atributos. Também “uso”, em geral, é pertinente apenas quando um determinado componente deve ter seu desempenho associado a ele. Por exemplo, um piso deve ter maior resistência à abrasão quando estiver em um

ambiente de tráfego intenso, mas é uma associação indireta que também pode se verificar através da caracterização do local onde ele está aplicado.

Entretanto, ambas devem ser abordadas no contexto descritivo do universo do Ambiente Construído, ainda que para os propósitos deste projeto o sejam de modo menos detalhado, sendo factível que seus termos sejam tratados apenas de modo associativo, prescindindo de uma conceituação mais profunda.

Como todo produto ou serviço necessariamente está vinculado a um ou mais processos de construção, é possível criar uma cadeia lógica partindo da faceta “processos”. Essa concepção, presente na ISO TR 14177, já constava da proposta de classificação desenvolvida pelo IPT, por solicitação do BNH em 1981<sup>8</sup>. Ela é voltada para o tratamento de informações e composta de cinco “árvores classificatórias”, ou facetas, (“Construções”; “Elementos e Componentes”; “Materiais”; “Processos” e “Atributos”).

Porém, nestas “árvores classificatórias” existe uma sobreposição de descritivos dos objetos. “Materiais” são presentes tanto em produtos como nos elementos arquitetônicos e freqüentemente é uma referência principal ao descrevermos um edifício: é comum falarmos de uma casa de pedra ou de um prédio em aço, ainda que o significado exato seja um pouco vago.

A descrição correta de um objeto depende da associação entre algumas facetas. No caso das associações da faceta “processos”, tanto pode ser entre termos das facetas – espaço, matéria e componentes – como da própria faceta “processos”, criando uma malha de conceitos específicos para o processo de referência. Diversas questões corroboram para definir a faceta

<sup>8</sup> Ver IPT. Terminologia da construção: decomposição do processo construtivo: relatório nº 14.805; Terminologia da construção: estrutura de comunicação: relatório nº 14.806; Terminologia da construção: decomposição do processo construtivo: complementação ao relatório nº 14.806; e Terminologia da construção: lista hierárquica: anexo do relatório nº 16.494. São Paulo: IPT, 1981.

“processos” como o elemento central da classificação:

- a) segundo o ISO TR14177:1994, os conceitos básicos da classificação no setor da construção representam as propriedades que são de interesse no processo de projeto, no processo de construção e no processo de gerenciamento. Cada um desses processos contém um conjunto de fases e atividades que podem ser determinadas terminologicamente como um processo;
- b) esta opção metodológica permite que se estruture uma classificação respeitando a lógica e as fases da construção;
- c) ela viabiliza que um primeiro nível de classificação esteja baseado em uma única faceta, a faceta “processos”, construindo-se uma estrutura com maior rigor metodológico e evitando algumas das contradições presentes em outras estruturas de classificação hierarquizadas; e, finalmente,
- d) a noção de processos tem norteado as propostas organizacionais mais recentes para o setor da construção, tais como a *lean construction*. Também a norma ISO 9001:2000 baseia-se em uma visão de processo como referência estruturadora para o sistema de gestão da qualidade.

Entretanto, ainda não há um consenso sobre o conteúdo do “processo da construção”, entre outros motivos pela grande variedade de soluções construtivas adotadas. Torna-se necessário analisar quais processos são bem caracterizados, para estabelecer uma lista básica de processos. Isso leva à definição de uma taxonomia de processos da construção que vai ser abordada mais adiante.

## 5 Facetas propostas

Os diversos sistemas de classificação referenciados anteriormente propõem a organização da informação em classes que, como vimos, também podem ser interpretadas como facetas, na medida em que cada classe

representa um aspecto do universo analisado.

Porém, encontramos alguns problemas nas estruturas classificatórias propostas. Diversos termos repetem-se em pontos diferentes, às vezes com significados ligeiramente diferentes, contrariando qualquer uma das teorias de representação do conhecimento existentes – tanto no campo da ciência da informação quanto no da ciência da computação – porque não permitem um tratamento adequado dos termos, obrigando a um excesso de artifícios. Preferimos uma abordagem em que as facetas foram primeiramente classificadas em grandes grupos e depois subdivididas. Esse detalhamento permite uma análise terminológica mais precisa.

Assim, o primeiro nível de classes de facetas reflete a separação indicada na Figura 2: Classes primárias de objetos da produção do ambiente construído, ou seja, os produtos da construção (entidades do ambiente construído), os processos necessários para obtê-los, os agentes e meios para a construção<sup>9</sup>, necessários para a produção, e, finalmente, as restrições a que estes processos estão submetidos, que compõem os documentos para a construção. Essas classes compõem a terminologia específica, em que os conceitos devem ser considerados dentro do contexto do universo considerado:

a) **Produtos da Construção:** entidade construída, definida fisicamente, que preenche uma função característica;

b) **Processos da Construção:** conjunto de atividades que realizadas resultam no produto edificação;

c) **Agentes e Meios para a Construção:** entidades, pessoas e equipamentos que participam dos processos, mas não são incorporados ao produto da construção; e

<sup>9</sup> Convém discernir meios do conceito de insumo, que comumente inclui recursos mecânicos e recursos humanos. Porém, no âmbito deste trabalho, seguimos a proposta representada na Figura 1: Visão de processo construtivo, em que estes são meios para a produção, ainda que continuem presentes como itens orçamentários usuais.

d) **Documentos da Construção:** informações consolidadas em qualquer mídia, que definem restrições ou diretrizes para a produção do ambiente construído, Incluem os documentos resultantes de atividades intermediárias, como a concepção e o gerenciamento, que serão utilizados em fases posteriores da produção.

A este grupo de classes primárias acrescentamos facetas complementares, mas necessárias para a plena definição dos objetos das anteriores, ou seja, os atributos destes objetos. Eles compõem a terminologia correlata, em que, em geral, os conceitos são compartilhados com outras áreas técnicas.

A vinculação entre facetas será estabelecida a partir da relação lógica entre elas, não estando presente em todos os casos. Para facilitar o tratamento de dados, mais tarde, os atributos foram classificados em:

a) **Propriedades:** “qualidades dos objetos da produção do ambiente construído”, sempre relacionadas a uma grandeza mensurável e sua respectiva unidade. No uso, elas deverão ser associadas a seu valor representativo;

b) **Atributos Qualitativos:** são qualidades não mensuráveis, com caráter absoluto (sim ou não).

c) **Unidades Metrológicas:** são as unidades do sistema internacional de medidas.

Cada classe primária será subdividida nas facetas propriamente ditas, obtendo-se o quadro geral apresentado adiante.

Cada subclasse, ou faceta, estrutura-se a partir de um conceito definido, mas sempre abrangido pelo conceito da classe imediatamente superior. A vinculação de uma faceta a uma classe primária foi estabelecida em função da relevância. Por exemplo, no caso de elementos, que podem ser associados a duas classes primárias, considerou-se o fato de eles não estarem obrigatoriamente presentes nas descrições de produtos para construção, mas toda entidade construída ter algum elemento. Assim, a vinculação proposta é:

Classe:

**Produtos da Construção:** entidade construída, definida fisicamente, que preenche uma função característica.

Facetas:

**Função da Edificação:** tipos de edificações definidas por suas funções específicas.

**Espaços na Edificação:** partes de uma edificação com funções específicas, delimitadas não somente por limites físicos mas também por fronteiras abstratas.

**Elementos da Edificação:** maior parte física de um sistema ou entidade construída, que preenche uma função característica.

A relação lógica entre facetas reflete-se na vinculação entre termos, que pode ser associativa, partitiva (*faz parte de*) ou tipológica (*um tipo de*), como vemos na Figura 3. Essas relações típicas de um tesouro facilitam a construção de sistemas capazes de melhor considerar o contexto.



Figura 3: Exemplo de relações entre termos e facetas

A	Produtos da Construção
A1	Edificações (tipologia por função)
A2	Espaços da Edificação (tipologia por função)
A3	Elementos da Edificação (tipologia por função)
B	Processos Construtivos
B1	Processos de Concepção
B2	Processos Gerenciais
B3	Processos de Execução
C	Agentes e Meios
C1	Intervenientes: Pessoas Físicas (arquiteto, pedreiro, etc.) e Pessoas Jurídicas (agente financeiro, incorporador, construtora, etc.)
C2	Equipamentos e Ferramentas (Ferramentas Manuais, Equipamentos e Softwares)
D	Documentos
D1	Documentos Legais ou Regulatórios
D2	Documentos de Concepção
D3	Documentos Gerenciais
D4	Documentos Contratuais
E	Propriedades (ou Atributos Mensuráveis)
E1	Grandezas Físico-Químicas (largura, altura, espessura, diâmetro, profundidade, peso, etc.)
E2	Grandezas Gerenciais (custo, produtividade, valor presente, etc.)
E3	Grandezas Comerciais (preço, prazo, peso bruto, quantidade por embalagem, etc.)
E4	Dimensões Construtivas (afastamento, pé-direito, entrepiso, vão livre, etc.)
E5	Desempenho
F	Atributos Qualitativos
F0	Material Básico (metal, madeira, vidro, gesso, etc.)
F1	Forma (quadrado, plano, longilíneo, amorfo, autonivelante, etc.)
F2	Cor
F3	Características Superficiais Aparentes (rugoso, liso, em alto relevo, cromado, pintado, espelhado, texturizado, etc.)
F4	De Produção (extrudado, fresado, artesanal, serrado, etc.)
F5	De Operação (quanto ao modo de abertura, quanto ao fluxo, quanto ao ciclo, etc.).
F6	Comerciais (tipo de embalagem, tipo de mídia, etc.).
F7	Qualificação (certificado, sênior, junior, oficial, meio oficial, etc.)
F8	Posição (nivelado, aprumado, isolado, suspenso, etc.)
F9	Quantidade (total, parcial, mínimo, máximo, etc.)
G	Unidades
G1	Geométricas e Mecânicas
G2	Elétricas e Magnéticas
G3	Térmicas
G4	Monetárias

Quadro I: Quadro Geral das Facetas

Um maior detalhamento das classes, facetas e conceitos está no site do Projeto ([www.cdcon.ufjf.br](http://www.cdcon.ufjf.br)), até onde foi possível o desenvolvimento.

## 6 A codificação e a especificação dos produtos e serviços da construção

A codificação tem sido um recurso utilizado para facilitar a recuperação de informações e obter maior facilidade para a especificação. Códigos são manipulados mais rapidamente que conceitos, o que permite aos sistemas melhores desempenhos. Além disso, podem incluir sistemas de autoverificação, contribuindo para minimizar erros. Porém, também tendem a certo reducionismo, pois sempre limitam o processo descritivo.

Em geral, os sistemas de codificação reproduzem a hierarquia da classificação maior adotada, sendo, na sua imensa maioria, estruturados como uma árvore rígida. Uma exceção notável é a proposta do CIC-NET, que tem uma abordagem matricial, ainda que a limite dentro de critérios rígidos. Códigos matriciais só passaram a desfrutar de popularidade com o advento de sistemas informatizados, sendo os precursores alguns adotados pelo sistema bancário, originalmente operado somente por sistemas de grande porte.

Para garantir uma especificação completa, o processo de codificação deve possuir uma série de dígitos predefinidos referentes ao gênero do produto ou serviço em uma estrutura de classificação hierárquica ou matricial, acrescidos de dígitos descritivos do fabricante, do modelo e da versão. Neste último aspecto insere-se a questão da embalagem, que pode exigir um outro conjunto específico. Os três últimos campos são os que podem ser, em princípio, compatibilizados com o atual sistema de código de barra EAN<sup>10</sup>, aparentemente sem grandes conflitos.

<sup>10</sup> EAN é um acrônimo de European Article Numbering, proposta de classificação que resultou na EAN International, uma associação internacional sem fins lucrativos para gerenciar este sistema de codificação. Ver <http://www.ean-int.org>.

Neste contexto, a especificação básica é o grupo inicial de dígitos, que deve permitir a possibilidade de modelos compatíveis ou similares para a mesma função no processo de referência na classificação, sem possibilidade de dúvida. Nesta etapa um código integral manteria os campos dos demais grupos, embora vazios. O maior problema que se coloca é exatamente desenvolver a primeira parte do código, a que leva a uma caracterização de produtos ou serviços similares ou compatíveis. Já os demais conjuntos ou apresentam pouca complexidade, como a questão das embalagens, ou passam, quase forçosamente, por criação de listas públicas de referência. Devemos analisar, portanto, se o conjunto proposto é factível em seus aspectos comerciais, industriais e com relação ao uso na prática, em particular aos métodos de possíveis compatibilização.

Uma tabela específica de atributos pode ser utilizada, segundo a ISO Technical Report 14177 (1994a), para a “disposição interna de documentos técnicos, estruturação de bases de informações de produtos, estruturação de outras tabelas de classificação de acordo com atributos primários, e definição de requerimentos para projetos e recursos em geral”. A lista principal do CIB (Master List of CIB) (CIB, 1993) é uma lista de atributos utilizados para a disposição e apresentação de informações em documentos técnicos para projeto e construção.

Os atributos representam propriedades factuais ou fenomenológicas e intrínsecas ou mútuas que a construção possui tanto em si como em relação com outra coisa, como, por exemplo, um usuário ou uma estrutura de referência. Os tipos de atributo que interessam para a indústria da construção são: performance, função, forma (*shape*), posição/situação (*location*), material, custo e tempo de produção (ISO 14777, 1994a). Eles podem ser mensurados por diversas unidades e, às vezes, diferentes métodos, o que pode exigir uma referência normativa definida, bem como respeitarem-se as exigências metrológicas e legais.

Como vimos, a base para a classificação mais comum tem sido a proposta EPIC, que se estrutura a partir da “função” do produto, sempre com um viés de que ele será incorporado à construção mediante um processo construtivo.

Assim, podemos considerar a tabela EPIC, com as adaptações necessárias à cultura da construção brasileira, uma base sólida para essa classificação. Ela pode atingir quatro dígitos, sendo o primeiro alfabético e os demais numéricos, definindo adequadamente o campo básico a respeito do produto.

Porém, neste ponto teremos apenas, por exemplo:

K211 - Electrical generators, single units<sup>11</sup>

Esta informação ainda é insuficiente para uma especificação mais precisa. A sugestão de acoplar a ela um código do fabricante esbarra na dificuldade de homogeneizar a linguagem. Assim, é necessário complementar a codificação EPIC com informações adicionais, porém respeitando-se a prática de projeto, baseada na definição incremental do objeto. Em outras palavras, em um estágio inicial sabemos que existirá este gerador, mas ainda não definimos potência e outros dados essenciais para efetivamente adquiri-lo, instalá-lo e utilizá-lo.

É possível identificar quais os atributos que serão relacionados aos produtos e em que nível de especificação. As tabelas de atributos estão presentes em todos os níveis em que possam estar classificados produtos ou serviços da construção, representando níveis progressivos de especificação respectivos aos diversos renques<sup>12</sup> de classificação. Portanto, é possível associar grupos de atributos crescentes à medida que se avance no detalhamento da classificação. Por exemplo, ao se especificar “Vedação Vertical”, atributos

<sup>11</sup> Gerador elétrico, unidade simples.

<sup>12</sup> Renques são classes formadas a partir de uma única característica de divisão, formando séries horizontais. Por exemplo: Macieira e Parreira são elementos da classe Árvore Frutífera, formada pela característica de divisão – tipo de árvores frutíferas (CAMPOS, 2001a, p. 51).

relativos ao desempenho acústico, resistência à umidade, etc., já podem ser associados, ainda que estejam vazios. Mas são características que deverão ser preenchidas pelos produtos desse renque. Destacamos que em alguns casos os produtos de consumo podem não incorporar diretamente o desempenho do produto no subprocesso, mas serem associados a uma solução típica. É o caso dos blocos cerâmicos nestas vedações verticais, em geral associados a paredes de alvenaria para avaliação dos aspectos exemplificados.

Essa proposta se distancia da aplicada no sistema SISMICAT por razões específicas. Neste caso, interessa ao usuário, cliente principal, diferenciar cada produto no limite, utilizando até mesmo o fabricante como atributo de identificação do item. Já na proposta CDCON, o código do fabricante não representa um atributo, mas somente uma referência que possivelmente venha no futuro a se articular ao sistema EAN.

Um aspecto interessante desta proposta é que ela permite um detalhamento evolutivo da especificação do projeto, facilmente vinculado à prática de projeto e construção, em que as exigências de cada item do processo sejam definidas conforme o andamento do projeto, mas sempre evidenciadas em cada etapa. Esse procedimento pode colaborar para a diminuição de erros e melhor desempenho da construção. Ela também é compatível com a abordagem do padrão IFC<sup>13</sup> para descrição da construção, pois este pode considerar tal progressividade no interior do seu modelo descritivo.

## 7 A proposta de codificação

213

A partir destas considerações a proposta de codificação desenvolvida é uma abordagem matricial, identificando-se as facetas pertinentes a cada

<sup>13</sup> Industry Foundation Classes: Padrão desenvolvido no âmbito da IAI – International Alliance for Interoperability. Ver <http://www.iai-na.org/technical/faqs.php>.

grupo de objetos da construção, pois ela deve abranger produtos e serviços, e os diversos estágios do processo construtivo.

A codificação do objeto se dá pela composição do código da sua situação relativa às facetas pertinentes. Cada grupo de facetas dispõe de dois dígitos identificadores e outro verificador, para minimizar os erros de digitação, com vemos na Figura 4: Composição do código descritivo de uma faceta.

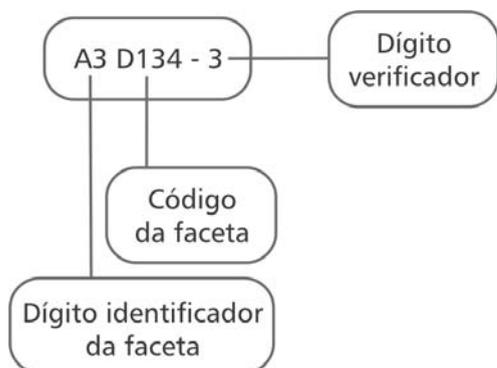


Figura 4: Composição do código descritivo de uma faceta

O código completo é a soma das facetas relevantes para o objeto em questão no estágio de desenvolvimento do empreendimento. Campos de propriedades podem incluir valores, como no caso de diâmetros ou outras características importantes na fase, como no exemplo abaixo.

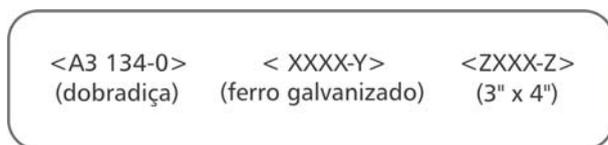


Figura 5: Esquema da codificação

Nota-se que as facetas utilizadas podem variar sem comprometer a integridade do código. Por meio de mapa conceitual a ser desenvolvido

será possível estabelecer as vinculações desejáveis entre estágio do empreendimento, objeto focado e facetas pertinentes.

## 8 Conclusões

O projeto estabeleceu uma base teórica para a definição de classes e facetas, permitindo o início do desenvolvimento de uma proposta de classificação e codificação. Em que pese o esforço de captação de conceitos consolidados em normas e bibliografia, que resultou em uma base de dados com cerca de 4.000 termos conceituados e outros 4.500 a serem avaliados, um longo esforço de consolidação e validação deve ser desenvolvido.

A montagem de grupos de trabalho voltados à definição de conceitos revelou-se muito mais difícil que o previsto, bem como a participação de associações de produtores e técnicos. Embora essas instituições demonstrem interesse nos resultados, verifica-se que não se encontram motivadas para investir recursos humanos ou financeiros no projeto, com poucas exceções, tais como Anamacó e IBS<sup>14</sup>.

Outro obstáculo importante foi o quadro falimentar da ABNT à época, que inviabilizou sua participação, embora ela tenha de início se comprometido com o projeto. A ausência da ABNT dificultou sobremaneira a participação de outras entidades, que se sentiriam estimuladas caso a ABNT estivesse presente. Além disso, obrigou a um esforço extra muito significativo para a obtenção do texto das normas pertinentes, que não foram disponibilizadas para o projeto.

<sup>14</sup> Instituto Brasileiro de Siderurgia e Associação Nacional de Comerciantes de Material de Construção.

Em que pesem esses contratemplos, algumas iniciativas de aplicação dos resultados do projeto estão em curso, em particular junto à Caixa Econômica Federal. Estão em desenvolvimento ferramentas de busca baseadas nos conceitos de classificação apresentados, bem como um modelo descritivo de sistemas construtivos inovadores. Ambos serão utilizados como apoio à gestão de conhecimento nesta instituição.

Diversas teses e dissertações<sup>15</sup> foram desenvolvidas com base nos estudos realizados. Neles a estrutura de classes primárias proposta foi aplicada à gestão do conhecimento nas edificações, a sistemas de catalogação de produtos cerâmicos, sistemas de trabalho colaborativo e padronização de documentos para a construção. Isso vem demonstrando a validade da proposta do CDCON, bem como contribuindo para a percepção da importância deste léxico específico e respectiva ontologia.

A expectativa é que, ao serem disponibilizadas aplicações práticas dos resultados, ocorra um maior interesse da comunidade técnica, possibilitando a extensão dos trabalhos até abranger todo o segmento desejado.

<sup>15</sup> Podemos destacar as teses de Roberta Nunes (COPPE-UFRJ, 2004), Maria Aparecida Hippert (2005) e Claudio Alcides Jacoski (UFSC, 2003); e as dissertações de Alessandra Frabis (UFF, 2005), Regis de Azevedo Lopes (UFF, 2004), Dino Rodrigues Santos (UFF, 2003) e Luís Antonio do Nascimento (USP, 2004).

## Bibliografia

BAYLEY, K. **Typologies and taxonomies: an introduction to classification techniques**. Califórnia: Sage, 1994.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. Centro de Catalogação das Forças Armadas. **Manual do Sistema Militar de Catalogação: SISMICAT**. Brasília: Ministério da Defesa, 2000.

CAMPOS, M. L. A. **Linguagem documentária: teorias que fundamentam a sua elaboração**. Niterói: EdUFF, 2001a.

CAMPOS, M. L. A. **A organização de unidades do conhecimento em hiperdocumentos: o modelo conceitual como um espaço comunicacional para realização da autoria**. 2001b. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - CNPq/IBICT, Universidade Federal do Rio de Janeiro/ECO, Rio de Janeiro, 2001b. Disponível em: < <http://www.conexaoRio.com/bit/tertulia/tertulia.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2003.

CIB. **CIB Master List of Headings for the Arrangement and Presentation of Information in Technical Documents for Design and Construction**. CIB Report. Publication 18:1993. Council Directive 89/106/CE. (1988). European Construction Products Directive, 1993. Disponível em: <<http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/internal/cpd/cpd.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2003.

CORVACHO, H.; SOUSA, H.; COSTA, J. M. et al. **O Projecto CIC-NET: rede de cooperação estratégica entre empresas do processo de construção**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil, 2002.

CSI. **Masterformat: master list of numbers and titles for the construction industry** Toronto: The Construction Specifications Institute, 1995.

CSI. **Unifomat**: a uniform classification of construction systems and assemblies Alexandria: The Construction Specifications Institute, 1998.

CSTC. **EPIC - Eletronic Product Information Co-operation?** 1999.  
Disponível em: <[www.epicproducts.org/epic.htm](http://www.epicproducts.org/epic.htm)>. Acesso em: 16 jan. 2003.

IPT. **Terminologia da construção**: decomposição do processo construtivo: relatório n. 14.805. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981a.

IPT. **Terminologia da construção**: decomposição do processo construtivo: complementação ao relatório n. 14.806. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981b.

IPT. **Terminologia da construção**: estrutura de comunicação: relatório n. 14.806. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981c.

IPT. **Terminologia da construção**: lista hierárquica: anexo do relatório n. 16.494. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981d.

ISO. **ISO 14177**. Classification of information in the construction industry: ISO Technical Report 14177:1994a. Geneva: International Standardization Organisation, 1994.

ISO. **ISO DIS 12006-2**. Organization of information about construction works – part 2: framework for classification of information. Geneva: International Standardization Organisation. 1998a.

ISO. **ISO/TC59/SC13**. Terminology for object modelling of construction information: report. Geneva: International Standardization Organisation, 1998b.

ISO. **ISO PAS 12006-3**. Building construction – Organization of

information about construction works – Part 3: Framework for object-oriented information exchange. Geneva: International Standardization Organisation, 2000.

**OCCS. Overall construction classification system: a strategy for classifying the built environment**, 2001. Disponível em <<http://www.occsnet.org/>>. Acesso em: 14 mar. 2003.

**PINIWEB. TCPO 2000**, 2000. Disponível em <<http://www.piniweb.com/datapini/tcpo2000>>. Acesso em: 20 fev. 2003.





# COLETÂNEA HABITARE

220

# 9.

## Projetos HABITARE/FINEP, equipes e currículos dos participantes

### 9.1 Editores

**L**uis Carlos Bonin é engenheiro civil (1983) pela Universidade Católica de Pelotas e mestre (1987) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul desde 1991. Atua nas áreas de desempenho das edificações e manutenção de edifícios.

E-mail: lbonin@cpgec.ufrgs.br

**S**érgio Roberto Leusin de Amorim é arquiteto (1974), mestre (1981) e doutor (1995) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É professor titular da Universidade Federal Fluminense desde 1984. Atua nas áreas de qualidade, gerenciamento, tecnologia e planejamento e projetos de edificação. Coordenou o Centro de Referência e Informação em Habitação (INFOHAB).

E-mail: leusin@ism.com.br

## 9.2 Desenvolvimento de tecnologia para fabricação de telhas de fibrocimento

(artigo: Tecnologia para o desenvolvimento de telhas de fibrocimento – CIM-CEL)

### Instituição executora

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos  
Universidade de São Paulo – FZEA-USP

### Coordenação geral

**Holmer Savastano Júnior**

### Equipe técnica

Prof. Holmer Savastano Jr. (FZEA-USP)  
Prof. Vahan Agopyan (Poli-USP)  
Prof. Vanderley M. John (Poli-USP)  
Eng. Luiz Fernando Marchi Jr (Permatex Ltda.)  
Eng. João B. Cargnin (Imbralit Ltda.)  
Leila C. Motta (doutoranda Poli-USP)  
Cleber M. R. Dias (mestrando Poli-USP)  
Clóvis Nita (mestrando, Poli-USP)  
Dra. Ana Paula Joaquim (pós-doutoranda FZEA-USP)  
Celso Y. Kawabata (doutorando FZEA-USP)  
Gustavo Henrique Denzin Tonoli (mestrando FZEA-USP)  
Eduardo M. Bezerra (doutorando ITA)  
José Carlos Coatto de Souza  
Mário Takeashi  
Ismael Comparotto  
Marco Aurélio de Sá (bolsista IC)  
Leandro Cunha (bolsista IC)  
Zaqueu Dias de Freitas (bolsista IC)

Paulo Doniseti Silva (Permatex)

Márcio José Luvizotte (Permatex)

Marcelo Chagas (Permatex)

## **Currículo**

**Holmer Savastano Junior** é engenheiro civil (1984), mestre (1987), doutor (1992) e livre-docente (2000) pela Universidade de São Paulo. No período de 1998 a 1999 esteve no Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Austrália, para pós-doutorado. Foi pesquisador visitante no período de 2002 a 2004 na Princeton University, EUA, e em 1996 na Universidad Central de Venezuela. Atualmente é professor titular da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. Atua nas áreas de materiais e componentes de construção, construções rurais e ambiência, com cerca de 100 publicações entre artigos completos em periódicos e anais de eventos, livros e capítulos de livros.

E-mail: holmersj@usp.br

---

## **9.3 Desenvolvimento de componentes de edificações em fibra de sisal-argamassa a serem produzidos de forma autogestionária**

### **Instituição executora**

Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares – ITCP

Universidade do Estado da Bahia – UNEB

### **Coordenação geral**

**Suely da Silva Guimarães**

### **Equipe técnica**

Eng.<sup>a</sup> Suely da Silva Guimarães (UNEB)

Odair Barbosa de Moraes (doutorando USP)

Jozimar dos Santos Lima (bolsista IC)

Olmo Lacerda (bolsista IC)

José Eduardo Ferreira Fontes (técnico em construção civil UNEB)

Eng. Caio Mário Pinheiro Batista

## Currículo

**Suely da Silva Guimarães** é engenheira civil (1973) pela Universidade Federal da Bahia e mestre (1977) pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é pesquisadora da Universidade do Estado da Bahia no Programa Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP). Atua nas áreas de materiais e componentes de construção, estudos da habitação e incubação de cooperativas populares.

E-mail: sguimaraes@uneb.br

---

## 9.4 Sistema STELLA/UFSC: avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social

### Instituição executora

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

### Coordenação geral

**Carolina Palermo Szücs**

### Equipe técnica

Prof.<sup>a</sup> Carolina Palermo Szücs (UFSC)

Prof. Carlos Alberto Szücs (UFSC)

Prof. Fernando Barth (UFSC)

Prof.<sup>a</sup> Marina Ester Fialho de Souza (UFSC)

Eng. Orlando José Prada (Battistella)

Gustavo Lacerda Dias (doutorando UFSC)

Altevir Castro dos Santos (doutorando UFSC)

Felipe Etchegaray Reidrich (mestrando UFSC)  
Thaís Lohmann Provenzano (mestranda UFSC)  
Luis Henrique Maccarini Vefago (mestrando UFSC)  
Thaís Inês Krambeck (mestranda UFSC)  
Joana Geraldi Velloso (mestranda UFSC)  
André Lima (mestrando UFSC)  
Samuel João da Silveira (bolsista IC)  
Lígia Michelle Clausen dos Santos (bolsista IC)  
Rafael Pires (bolsista IC)  
Rui Mauro Retagi (bolsista IC)  
Monna Michelle da Cunha (bolsista IC)

## Currículo

**Carolina Palermo Szücs** é arquiteta (1976) pela Universidade Federal de Pernambuco, mestre (1979) pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, especialista (1990) pela École D'Architecture de Nancy, França, e doutora (1991) pela Université de Metz, França. Atualmente é professora titular da Universidade Federal de Santa Catarina. Atua nas áreas de planejamento, projeto e desenvolvimento de sistemas construtivos, voltados para a Habitação Social. É coordenadora do Grupo de Estudos da Habitação (GHab-UFSC).

E-mail: carolps@arq.ufsc.br

---

## 9.5 Pesquisa e desenvolvimento de processos construtivos industrializados em cerâmica estrutural

(artigo: Desenvolvimento de um processo construtivo racionalizado: painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos)

### Instituição executora

Departamento de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

## Coordenação geral

**Humberto Ramos Roman**

## Equipe técnica

Prof. Humberto Ramos Roman (UFSC)

Cristina Guimarães Cesar (doutoranda UFSC)

Sérgio Parizotto Filho (doutorando UFSC)

Prof. Adauto Pereira Cardoso (UEL, doutorando UFSC)

## Currículo

**Humberto Ramos Roman** é engenheiro civil (1980) e mestre (1983) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutor (1990) pela University of Sheffield, Inglaterra. Membro da British Masonry Society desde 1993, do International Council for Building Research Studies desde 1997 e da American Society of Civil Engineering desde 2005. É professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina desde 1992. Atua nas áreas de alvenaria estrutural e processos construtivos.

E-mail: [humberto@ecv.ufsc.br](mailto:humberto@ecv.ufsc.br)

---

## 9.6 Alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos

### Entidades conveniadas

Centro de Tecnologia - Universidade Federal do Piauí – UFPI

Sindicato da Indústria Cerâmica da Construção do Estado do Piauí

### Coordenação geral

**Paulo de Tarso Cronemberger Mendes**

### Equipe técnica

Prof. Paulo de Tarso Cronemberger Mendes (UFPI)

Prof. Almir Amorim Andrade (UFPI)

## Currículo

**Paulo de Tarso Cronemberger Mendes** é engenheiro civil (1976) pela Universidade Federal de Pernambuco, mestre (1983) e doutorando em engenharia de estruturas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. É professor de Departamento de Estruturas do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí desde 1979.

E-mail: paulotcm@ufpi.br

---

## 9.7 Construção de habitações de interesse social

### Instituição executora

Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

### Coordenação geral

**José Mario Doleys Soares**

### Equipe técnica

Prof. José Mario Doleys Soares (UFSM)  
Prof. Marcus Daniel Friederich dos Santos (UNISC)  
Leandro Agostinho Kroth (mestrando UFSM)  
Felipe Claus Rauber (UFSM)

## Currículo

**José Mario Doleys Soares** é engenheiro civil (1981) pela Universidade Federal de Santa Maria, mestre (1985) e doutor (1997) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Região das Missões (URI), no período de 1984 a 1989. Atualmente é professor do Departamento de Transportes da Universidade Federal de Santa Maria e do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC). Atua nas áreas de geotecnia e materiais e componentes de construção.

E-mail: jmario@ct.ufsm.br

## 9.8 Desenvolvimento de terminologia e codificação de materiais e serviços para construção

(artigo: CDCON: classificação e terminologia para a construção)

### Instituição executora

Pós-Graduação em Engenharia Civil

Universidade Federal Fluminense – UFF

### Coordenação geral

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim**

### Equipe técnica

Prof. Sérgio Roberto Leusin de Amorim (UFF)

Prof. Romir Soares de Souza Filho (UFJF)

Prof. Carlos Torres Formoso (UFRGS)

Prof. Roberto Lamberts (UFSC)

Arq. Rubens Morel Reis (Anamaco)

Arquiv. Lúcia de Almeida Peixoto (UFF)

Arq. Roberta Cavalcanti Pereira Nunes (UFF)

### Currículo

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim** é arquiteto (1974), mestre (1981) e doutor (1995) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É professor titular da Universidade Federal Fluminense desde 1984. Atua nas áreas de qualidade, gerenciamento, tecnologia e planejamento e projetos de edificação. Coordenou o Centro de Referência e Informação em Habitação (INFOHAB).

E-mail: leusin@ism.com.br

A série **Coletânea Habitare** é um dos canais divulgação do conhecimento produzido com o apoio do Programa de Tecnologia de Habitação. Financiado pela Finep e Caixa Econômica Federal desde 1994, o Habitare tem o objetivo de contribuir para o avanço do conhecimento no campo da tecnologia do ambiente construído, apoiando pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação.

A Coletânea Habitare reúne artigos em livros temáticos. As edições estão organizadas em trabalhos de autoria dos coordenadores das pesquisas e seus colaboradores, apresentando propostas e resultados dos estudos financiados pelo Programa Habitare.

Inserção urbana e avaliação pós-ocupação; inovação e gestão da qualidade e produtividade; normalização e certificação, assim como utilização de resíduos na construção, são temas já abordados. Este volume, sexto da Coletânea, trata de inovação tecnológica na construção habitacional. Assim como os demais volumes da Coletânea e de outras séries publicadas com apoio do Programa Habitare, está disponível para *download* gratuito no Portal Habitare: [www.habitare.org.br](http://www.habitare.org.br).

Grupo Coordenador do Programa de Tecnologia de Habitação Habitare



## Editores

**Luis Carlos Bonin** é engenheiro civil (1983) pela Universidade Católica de Pelotas e mestre (1987) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul desde 1991. Atua nas áreas de desempenho das edificações e manutenção de edifícios. E-mail: lbonin@cpgec.ufrgs.br

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim** é arquiteto (1974), mestre (1981) e doutor (1995) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É professor titular da Universidade Federal Fluminense desde 1984. Atua nas áreas de qualidade, gerenciamento, tecnologia e planejamento e projetos de edificação. Coordenou o Centro de Referência e Informação em Habitação (INFOHAB). E-mail: leusin@ism.com.br

HABITARE

# COLETÂNEA

## Volumes anteriores

Volume 1: Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social

Volume 2: Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional

Volume 3: Normalização e Certificação na Construção Habitacional

Volume 4: Utilização de Resíduos na Construção Habitacional

Volume 5: Procedimentos de Gestão Habitacional para População de Baixa Renda