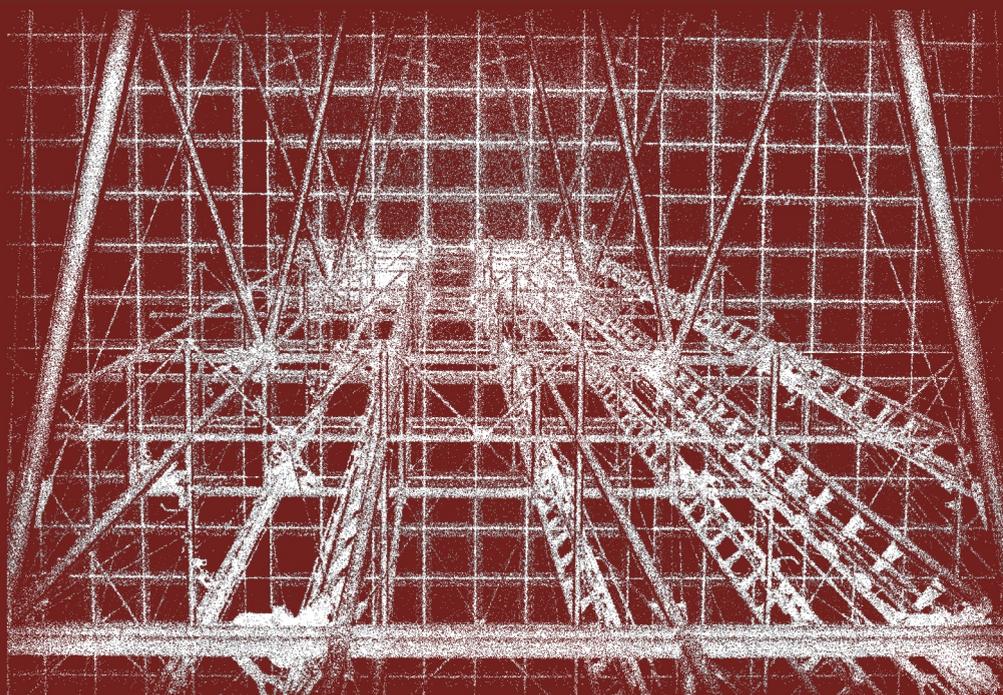


**COLETÂNEA HABITARE**

**Inovação,  
Gestão da Qualidade & Produtividade e  
Disseminação do Conhecimento  
na Construção Habitacional**



Editores

**Carlos Torres Formoso**

**Akemi Ino**

Volume **2**

Programa de Tecnologia de Habitação

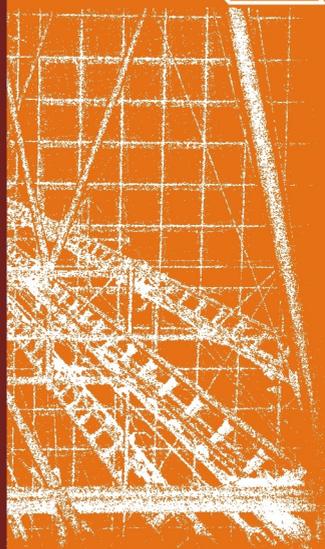


Difundir em diferentes frentes, com diferentes linguagens, para diferentes públicos. Com esse objetivo - e na seqüência de um projeto de divulgação que já conta com o Portal HABITARE (<http://habitare.infohab.org.br/>, apresentando pesquisadores e projetos ligados à área da habitação em instituições de todo o País) e a Revista HABITARE (com reportagens sobre os principais resultados desses projetos), além da Série Coleção HABITARE (com publicação de cd-rom e livros na área do ambiente construído) - o Programa de Tecnologia para Habitação lança um novo produto: a Coletânea HABITARE.

A meta é a mesma: difundir resultados do programa que desde 1994, com financiamento e coordenação da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP/MCT), e ainda com recursos da Caixa Econômica Federal e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq, vem permitindo o desenvolvimento de estudos e a busca de soluções para o problema habitacional brasileiro. Mais uma vez, assim como na série Coleção HABITARE, a difusão do conhecimento se dá pela palavra do pesquisador, e de seus colaboradores, responsáveis pela produção dos artigos publicados nessa Coletânea.

Em quatro volumes são abordados os temas políticas públicas, avaliação da pós-ocupação, inovação/gestão da qualidade e utilização de resíduos na construção. Cada uma das edições temáticas reúne uma série de trabalhos voltados à mesma área, porém desenvolvidos sob diferentes enfoques e estimulados por desafios diversos. O formato de artigo permite a apresentação de forma condensada dos retornos que o investimento na pesquisa, no campo do ambiente construído, vem trazendo - assim como revela dificuldades e desafios. Trata-se de uma síntese que, acreditamos, pode propiciar tanto ao meio acadêmico como ao setor produtivo a atualização de informações, dados e produtos. É mais um esforço de difusão do conhecimento científico e tecnológico gerado no âmbito do Programa de Tecnologia para Habitação - HABITARE.

Os editores



# Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional

Coletânea HABITARE  
Volume **2**

Editores  
Carlos Torres Formoso  
Akemi Ino

2003  
Porto Alegre



© 2003, Coleção 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**  
Diretor: **Fernando de Nielander Ribeiro**

Área de Instituições de Pesquisa/AIPE  
Superintendente: **Maria Lúcia Horta de Almeida**

**Grupo Coordenador Programa HABITARE**  
Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP  
Caixa Econômica Federal - CEF  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC  
Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República - SEDU  
Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE  
Comitê Brasileiro da Construção Civil/Associação Brasileira de Normas Técnicas - COBRACON/ABNT  
Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC

Apoio Financeiro  
**Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP**  
**Caixa Econômica Federal - CEF**

Apoio Institucional  
**Universidade federal do Rio Grande do Sul - UFRGS**  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Núcleo Orientado pela Inovação da Edificação - NORIE

**Fundação para a Pesquisa Ambiental - FUPAM**

Editores da Coletânea HABITARE  
**Roberto Lamberts – UFSC**  
**Maria Lúcia Horta de Almeida – FINEP**

Equipe do Programa HABITARE  
**Ana Maria de Souza**  
**Cristiane M. M. Lopes**

Editores do Volume 2  
**Carlos Torres Formoso**  
**Akemi Ino**

Projeto gráfico  
**Regina Álvares**

Textos de apresentação da capa  
**Arley Reis**

Revisão gramatical e bibliografia  
**Giovanni Secco**  
**Roseli Alves Madeira Westphal (INFOHAB)**

Editoração eletrônica  
**Amanda Vivian**

Fotolitos e impressão  
**Coan**

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)** **(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

---

158 Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional / Editores Carlos Torres Formoso [e] Akemi Ino. -- Porto Alegre: ANTAC, 2003.-- (Coletânea Habitare, v.2)  
480p.

ISBN 85-89478-02-5

1. Gestão da Qualidade e Produtividade 2. Inovação 3. Disseminação do Conhecimento 4. Construção Civil I. Carlos Torres Formoso II. Akemi Ino III. Série.

## Sumário

1. Introdução _____	4
Carlos Torres Formoso e Akemi Ino	
2. Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes _____	12
Normando Perazzo Barbosa	
3. Aplicação de tecnologias sustentáveis em um conjunto habitacional de baixa renda _____	40
Miguel Aloysio Sattler, Michele de Moraes Sedrez, Telissa Frenzel da Rosa e Márcia Roig Sperb	
4. Habitações de caráter social com a utilização de bloco cerâmico _____	68
José Mario Doleys Soares, Marcus Daniel Friederich dos Santos e Lisiane Poletto	
5. Transferência de inovação tecnológica na autoconstrução de moradias _____	94
Doris C. C. K. Kowaltowski	
6. Moradia popular – Alternativas para a Amazônia _____	140
Ana Lúcia R. M. F. da Costa, Mário Jorge dos Santos Ferreira, Willian Abreu da Silva e Irimar Soares de Brito	
7. SIGMO - Sistema Integrado de Gerenciamento Móvel em Obras _____	174
Jano Moreira de Souza e Sérgio Roberto Leusin de Amorim	
8. INFOHAB - Centro de referência e informação em habitação _____	190
Luis Carlos Madeira e Sergio Roberto Leusin de Amorim	
9. Acervo de habitação popular heterodoxa _____	206
Marta Maria Soban Tanaka	
10. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra _____	224
Vahan Agopyan, Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, José Carlos Paliari e Artemária Coêlho de Andrade	
11. Gestão da qualidade na Construção Civil: estratégias e melhorias de processo em empresas de pequeno porte _____	250
Carlos Torres Formoso, Elvira M. V. Lantelme, Patrícia Tzortzopoulos, José de Paula Barros Neto, Jaime Evaldo Fensterseifer, Tarcisio Abreu Saurin e Maurício Moreira e Silva Bernardes	
12. Metodologia para melhoria da qualidade e produtividade em obras habitacionais de caráter repetitivo _____	396
Ricardo Rocha de Oliveira	
13. Otimização do processo de fabricação de esquadrias de madeira no centro produtor da região Sul e desenvolvimento de janelas de baixo custo para habitação social _____	422
Akemi Ino, Ioshiaqui Shimbo e Alexandre Jorge Duarte de Souza	
14. Projetos HABITARE/FINEP, equipes e currículos dos participantes _____	452

**Carlos Torres Formoso** é engenheiro civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (1980). Doutor pela University of Salford, Inglaterra (1991) e tem pós-doutorado na University of California (2000), USA. Professor Adjunto da UFRGS desde 1989, atuando nas áreas de gerenciamento da Construção Civil e engenharia de produção. Atualmente é vice-presidente da ANTAC e consultor ad-hoc da FINEP, FAPEMIG, FAPESP, FAPERGS. Membro do IGLC – International Group for Lean Construction. Editor da revista Ambiente Construído. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.  
E-mail: formoso@vortex.ufrgs.br

**Akemi Ino** é engenheira civil pela Universidade de São Paulo (1979). Mestre em Arquitetura (1984) na área de Gestão e Tecnologia para Habitação Social e doutora (1992) também pela USP. Professora da USP desde 1986, nas áreas de Gestão e Tecnologia para Habitação Social, Habitação em Madeira, Planejamento e Projetos da Edificação, Processos Construtivos, Assentamento Rural e Componentes da Construção. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.  
E-mail: inoakemi@sc.usp.br

# 1. Introdução

Editores  
Carlos Torres Formoso e Akemi Ino

**E**ste volume da Coletânea Habitare reúne catorze textos referentes a dez projetos da área de Tecnologia da Habitação, financiados pelo Programa Habitare, referentes às linhas de atuação “Inovação e Transferência Tecnológica”, “Disseminação do Conhecimento” e “Gestão da Qualidade e Produtividade”.

A linha de atuação **Inovação e Transferência Tecnológica** tem como objetivo desenvolver produtos e processos voltados para a redução de custos e melhoria da qualidade da construção. Os projetos apoiados enfatizam (a) o desenvolvimento tecnológico de componentes com visão de subsistemas (montagem); (b) a integração da cadeia produtiva; e (c) a melhoria das condições de higiene e segurança no trabalho. Considera-se como inovação tecnológica um produto ou processo construtivo que incorpore uma nova idéia, representando um sensível avanço na tecnologia existente e predominante em cada região ou localidade quanto ao desempenho, qualidade, durabilidade e viabilidade para a industrialização. Entende-se por produto um material,

componente ou sistema construtivo e por processo o desenvolvimento do projeto, planejamento, ferramentas, equipamentos, gerenciamento e os métodos de execução.

Os seis capítulos seguintes apresentam as principais conclusões de projetos desenvolvidos dentro dessa linha de atuação. Os Capítulos 2 a 6 relatam estudos focados principalmente na transferência de tecnologias para a construção habitacional de interesse social, abordando tanto o mercado formal como o informal.

O projeto **Transferência e Aperfeiçoamento da Tecnologia Construtiva com Tijolos Prensados com Terra em Comunidades Carentes**, apresentado no Capítulo 2, foi desenvolvido pelo Departamento de Tecnologia da Construção Civil da Universidade Federal da Paraíba. Esse trabalho teve como objetivo mostrar o potencial de tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento para a construção de unidades habitacionais em comunidades carentes. São descritos os fatores que afetam a qualidade desses tijolos, assim como alguns ensaios necessários para o controle da qualidade deles. Finalmente, discutem-se a implementação da tecnologia quando utilizada em regime de mutirão e algumas melhorias desenvolvidas em uma experiência real em uma favela.

O Capítulo 3 apresenta o projeto **Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS)**, desenvolvido no Núcleo Orientado pela Inovação da Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cujo objetivo foi conceber centro destinado a demonstrar um conjunto de princípios e tecnologias sustentáveis voltados à provisão de habitações de interesse social. A sua implantação irá ocorrer na cidade de Nova Hartz, município que integra a área metropolitana de Porto Alegre. São apresentadas as principais diretrizes relacionadas ao desenvolvimento sustentável, adotadas na concepção do centro, assim como as principais decisões de projeto realizadas com as suas respectivas justificativas.

O projeto **Desenvolvimento de Habitações de Caráter Social**, desenvolvido pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, é apresentado no Capítulo 4. Este estudo enfoca o desenvolvimento de alternativas tipológicas para habitação de interesse social para o estado do Rio Grande

do Sul utilizando blocos cerâmicos. Inicialmente, foi realizada uma caracterização de 24 conjuntos habitacionais construídos em 12 diferentes cidades do Rio Grande do Sul, incluindo um levantamento das tipologias habitacionais utilizadas, características dos lotes e desempenho das unidades habitacionais. A partir desse levantamento, quatro tipologias habitacionais foram desenvolvidas levando em conta as características climáticas, econômicas e culturais da região. Foram produzidos manuais com o objetivo de padronizar e orientar a construção das habitações propostas.

No Capítulo 5, descreve-se o projeto **Transferência de Inovação Tecnológica na Autoconstrução de Moradias**, desenvolvido pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas. Assim como os dois primeiros estudos descritos neste volume, esta pesquisa está direcionada ao apoio técnico à autoconstrução de moradias de interesse social. O método de projeto proposto, denominado AUTOMET, distingue-se por utilizar a tecnologia da informação como um mecanismo de apoio à elaboração de projetos com a participação dos futuros moradores. São apresentados alguns resultados de desempenho de habitações projetadas através deste método, indicando o benefício alcançado em comparação com habitações construídas em programas habitacionais convencionais.

O projeto **Habitação Popular: Alternativas para a Amazônia**, desenvolvido pela Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC) é apresentado no Capítulo 6. Este projeto teve um caráter bastante amplo, envolvendo um diagnóstico do problema habitacional e do Macrocomplexo Construção Civil naquele estado, a investigação de critérios urbanísticos e da necessidade de infra-estrutura básica e, finalmente, a análise de sistemas construtivos e componentes para habitação de interesse social, levando em conta as características culturais, econômicas e ambientais.

Finalmente, o Capítulo 7 descreve uma inovação tecnológica relacionada à aplicação da tecnologia da informação na gestão da produção na indústria da Construção Civil. É apresentado um sistema para controle de obras denominado **Sistema Integrado de Gerenciamento Móvel em Obras (SIGMO)**, que foi o produto principal do projeto “Desenvolvimento de Sistemas de Gerenciamento de

Serviços na Construção Civil com Utilização de PDAs - Assistentes Digitais Pessoais”, desenvolvido conjuntamente pela Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro e pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. O sistema possui uma unidade portátil para a coleta de dados que, através de uma interface, pode interagir com softwares comerciais de planejamento de obras e de orçamentos.

Os capítulos seguintes, 8 e 9, descrevem os resultados de dois projetos pertencentes à linha de atuação **Disseminação do Conhecimento**. Esta linha foi estabelecida dentro do Programa Habitare com o objetivo de incentivar a aplicação dos resultados das pesquisas acadêmicas em problemas reais. Envolve um leque de ações relativamente amplo, que inclui a criação de um Centro de Referência e Informação para a área de Tecnologia do Ambiente Construído, a realização de estudos relativos a diferentes subáreas do conhecimento que façam um balanço e uma reflexão sobre a situação existente, e o fomento a publicações científicas e a promoção de eventos voltados para a transferência de tecnologias para empresas e entidades do setor público.

O Capítulo 8 apresenta o **Centro de Referência e Informação em Habitação de Interesse Social (INFOHAB)**, ainda em desenvolvimento, que integra uma rede de pesquisa que reúne dez universidades, lideradas pela ANTAC. Este centro visa a captar, selecionar, organizar e divulgar informações sobre a produção, manutenção e uso do ambiente construído, com ênfase em habitação de interesse social. Foi desenvolvido um sistema para catalogação de bibliografia denominado INFOCAT e também uma base de dados virtual, que reúne mais de treze mil referências bibliográficas, entre as quais cerca de 1.100 teses e dissertações. Muitas destas referências têm o seu conteúdo disponibilizado na íntegra no site.

O projeto **Acervo de Habitação Popular Heterodoxa**, apresentado no Capítulo 9, por sua vez, teve como objetivo desenvolver um sistema informatizado para registrar experiências de produção de habitação popular. A partir deste projeto, financiado pela FINEP, e de outros estudos que se sucederam, foi criado o Banco

Digital de Habitação Popular, que conta hoje com aproximadamente 500 experiências e empreendimentos de habitação popular cadastrados. Entre as informações armazenadas, destacam-se a descrição geral da experiência, sua localização, referências bibliográficas disponíveis, imagens digitalizadas (fotos, plantas, croquis, etc.), tipologias adotadas, sistemas construtivos utilizados, tipo de mão-de-obra, situação jurídica e aspectos inovadores da experiência.

A linha de atuação **Gestão da Qualidade e Produtividade** tem como objetivo contribuir para a modernização do setor da construção através do desenvolvimento de novos métodos e ferramentas gerenciais para os diferentes agentes do setor.

Os resultados de quatro projetos desenvolvidos dentro desta linha de atuação estão apresentados nos Capítulos 10 a 13. Todos eles foram desenvolvidos em parceria com empresas do Macrocomplexo Construção Civil que atuam na construção habitacional e também com entidades setoriais que as representam.

O projeto **Alternativas para Redução do Desperdícios de Materiais nos Canteiros de Obra**, cujos principais resultados estão sucintamente discutidos no Capítulo 10, foi realizado por uma grande rede formada por 16 universidades, distribuídas por 12 estados brasileiros, e coordenado pela Escola Politécnica da USP. Inicialmente, foi desenvolvido um método de coleta de dados de perdas de materiais em canteiros de obra, a qual foi aplicada em cerca de 100 canteiros de obra. Foram levantados dados sobre 18 materiais de construção, sendo dada ênfase à identificação das causas das perdas, de forma a contribuir para o estabelecimento de ações corretivas no setor. Dada a extensão do trabalho, este capítulo apresenta, a título de exemplo, alguns resultados relacionados aos serviços de estrutura de concreto armado, alvenaria de blocos e revestimentos.

O Capítulo 11 apresenta os resultados do projeto **Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhoria da Qualidade em Empresas de Pequeno Porte**, realizado pelo Núcleo Orientado pela Inovação da Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que contou

também com a participação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Este projeto foi dividido em subprojetos referentes a diferentes aspectos da gestão da qualidade na promoção e construção de empreendimentos habitacionais: desenvolvimento e implementação de sistemas de indicadores de qualidade e produtividade (item 11.1), gestão do processo de desenvolvimento do produto (item 11.2), formulação de estratégia de produção (item 11.3), planejamento de canteiros de obra (item 11.4) e planejamento e controle da produção (item 11.5).

O Capítulo 12 apresenta os principais resultados de um projeto desenvolvido pelo Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, intitulado **Metodologia para Melhoria da Qualidade e Produtividade em Obras Habitacionais de Caráter Repetitivo**. Este estudo envolveu o desenvolvimento de ferramentas padronizadas para a coleta de dados, a proposição de indicadores de avaliação do desempenho da produção e, através da aplicação destes, uma análise dos fatores que afetam a produtividade em obras de edificação repetitivas. Ao todo, foram coletados dados de 11 obras na cidade de Cascavel (PR).

Finalmente, o Capítulo 13 descreve uma pesquisa voltada ao estudo da cadeia produtiva da madeira, intitulado **Otimização do Processo de Fabricação de Esquadrias de Madeira no Centro Produtor da Região Sul e Desenvolvimento de Janelas de Baixo Custo para Habitação Social**. Este projeto foi coordenado pela Escola de Engenharia de São Carlos, da USP, e pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), tendo como objetivo estudar processos existentes de fabricação de esquadrias de madeira, desde a caracterização do setor florestal e madeireiro até o projeto do produto. Foi utilizado como foco do trabalho o desenvolvimento de dois protótipos, que incorporam aspectos inovadores em relação ao material utilizado, processos de beneficiamento e fabricação e *design*.

De uma forma geral, observa-se que os projetos estão distribuídos regionalmente, tendo sido fomentados projetos em um elevado número de estados brasileiros. Contribuiu para esse fato a existência de várias redes de pesquisa de âmbito nacional, o que tende a tornar mais eficiente o esforço de produção de conhecimento.

Observa-se também um grande esforço de articulação entre a comunidade acadêmica e os vários agentes do setor, incluindo empresas de construção, poder público, entidades setoriais, projetistas e fabricantes, entre outros. Essa estratégia contribui para a realização de pesquisas com foco em problemas relevantes para o país e também facilita o processo de transferência de tecnologia.



# 1. Introdução

Editores  
Carlos Torres Formoso e Akemi Ino

**E**ste volume da Coletânea Habitare reúne catorze textos referentes a dez projetos da área de Tecnologia da Habitação, financiados pelo Programa Habitare, referentes às linhas de atuação “Inovação e Transferência Tecnológica”, “Disseminação do Conhecimento” e “Gestão da Qualidade e Produtividade”.

A linha de atuação **Inovação e Transferência Tecnológica** tem como objetivo desenvolver produtos e processos voltados para a redução de custos e melhoria da qualidade da construção. Os projetos apoiados enfatizam (a) o desenvolvimento tecnológico de componentes com visão de subsistemas (montagem); (b) a integração da cadeia produtiva; e (c) a melhoria das condições de higiene e segurança no trabalho. Considera-se como inovação tecnológica um produto ou processo construtivo que incorpore uma nova idéia, representando um sensível avanço na tecnologia existente e predominante em cada região ou localidade quanto ao desempenho, qualidade, durabilidade e viabilidade para a industrialização. Entende-se por produto um material,

componente ou sistema construtivo e por processo o desenvolvimento do projeto, planejamento, ferramentas, equipamentos, gerenciamento e os métodos de execução.

Os seis capítulos seguintes apresentam as principais conclusões de projetos desenvolvidos dentro dessa linha de atuação. Os Capítulos 2 a 6 relatam estudos focados principalmente na transferência de tecnologias para a construção habitacional de interesse social, abordando tanto o mercado formal como o informal.

O projeto **Transferência e Aperfeiçoamento da Tecnologia Construtiva com Tijolos Prensados com Terra em Comunidades Carentes**, apresentado no Capítulo 2, foi desenvolvido pelo Departamento de Tecnologia da Construção Civil da Universidade Federal da Paraíba. Esse trabalho teve como objetivo mostrar o potencial de tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento para a construção de unidades habitacionais em comunidades carentes. São descritos os fatores que afetam a qualidade desses tijolos, assim como alguns ensaios necessários para o controle da qualidade deles. Finalmente, discutem-se a implementação da tecnologia quando utilizada em regime de mutirão e algumas melhorias desenvolvidas em uma experiência real em uma favela.

O Capítulo 3 apresenta o projeto **Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS)**, desenvolvido no Núcleo Orientado pela Inovação da Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cujo objetivo foi conceber centro destinado a demonstrar um conjunto de princípios e tecnologias sustentáveis voltados à provisão de habitações de interesse social. A sua implantação irá ocorrer na cidade de Nova Hartz, município que integra a área metropolitana de Porto Alegre. São apresentadas as principais diretrizes relacionadas ao desenvolvimento sustentável, adotadas na concepção do centro, assim como as principais decisões de projeto realizadas com as suas respectivas justificativas.

O projeto **Desenvolvimento de Habitações de Caráter Social**, desenvolvido pelo Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, é apresentado no Capítulo 4. Este estudo enfoca o desenvolvimento de alternativas tipológicas para habitação de interesse social para o estado do Rio Grande

do Sul utilizando blocos cerâmicos. Inicialmente, foi realizada uma caracterização de 24 conjuntos habitacionais construídos em 12 diferentes cidades do Rio Grande do Sul, incluindo um levantamento das tipologias habitacionais utilizadas, características dos lotes e desempenho das unidades habitacionais. A partir desse levantamento, quatro tipologias habitacionais foram desenvolvidas levando em conta as características climáticas, econômicas e culturais da região. Foram produzidos manuais com o objetivo de padronizar e orientar a construção das habitações propostas.

No Capítulo 5, descreve-se o projeto **Transferência de Inovação Tecnológica na Autoconstrução de Moradias**, desenvolvido pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas. Assim como os dois primeiros estudos descritos neste volume, esta pesquisa está direcionada ao apoio técnico à autoconstrução de moradias de interesse social. O método de projeto proposto, denominado AUTOMET, distingue-se por utilizar a tecnologia da informação como um mecanismo de apoio à elaboração de projetos com a participação dos futuros moradores. São apresentados alguns resultados de desempenho de habitações projetadas através deste método, indicando o benefício alcançado em comparação com habitações construídas em programas habitacionais convencionais.

O projeto **Habitação Popular: Alternativas para a Amazônia**, desenvolvido pela Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC) é apresentado no Capítulo 6. Este projeto teve um caráter bastante amplo, envolvendo um diagnóstico do problema habitacional e do Macrocomplexo Construção Civil naquele estado, a investigação de critérios urbanísticos e da necessidade de infra-estrutura básica e, finalmente, a análise de sistemas construtivos e componentes para habitação de interesse social, levando em conta as características culturais, econômicas e ambientais.

Finalmente, o Capítulo 7 descreve uma inovação tecnológica relacionada à aplicação da tecnologia da informação na gestão da produção na indústria da Construção Civil. É apresentado um sistema para controle de obras denominado **Sistema Integrado de Gerenciamento Móvel em Obras (SIGMO)**, que foi o produto principal do projeto “Desenvolvimento de Sistemas de Gerenciamento de

Serviços na Construção Civil com Utilização de PDAs - Assistentes Digitais Pessoais”, desenvolvido conjuntamente pela Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro e pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. O sistema possui uma unidade portátil para a coleta de dados que, através de uma interface, pode interagir com softwares comerciais de planejamento de obras e de orçamentos.

Os capítulos seguintes, 8 e 9, descrevem os resultados de dois projetos pertencentes à linha de atuação **Disseminação do Conhecimento**. Esta linha foi estabelecida dentro do Programa Habitare com o objetivo de incentivar a aplicação dos resultados das pesquisas acadêmicas em problemas reais. Envolve um leque de ações relativamente amplo, que inclui a criação de um Centro de Referência e Informação para a área de Tecnologia do Ambiente Construído, a realização de estudos relativos a diferentes subáreas do conhecimento que façam um balanço e uma reflexão sobre a situação existente, e o fomento a publicações científicas e a promoção de eventos voltados para a transferência de tecnologias para empresas e entidades do setor público.

O Capítulo 8 apresenta o **Centro de Referência e Informação em Habitação de Interesse Social (INFOHAB)**, ainda em desenvolvimento, que integra uma rede de pesquisa que reúne dez universidades, lideradas pela ANTAC. Este centro visa a captar, selecionar, organizar e divulgar informações sobre a produção, manutenção e uso do ambiente construído, com ênfase em habitação de interesse social. Foi desenvolvido um sistema para catalogação de bibliografia denominado INFOCAT e também uma base de dados virtual, que reúne mais de treze mil referências bibliográficas, entre as quais cerca de 1.100 teses e dissertações. Muitas destas referências têm o seu conteúdo disponibilizado na íntegra no site.

O projeto **Acervo de Habitação Popular Heterodoxa**, apresentado no Capítulo 9, por sua vez, teve como objetivo desenvolver um sistema informatizado para registrar experiências de produção de habitação popular. A partir deste projeto, financiado pela FINEP, e de outros estudos que se sucederam, foi criado o Banco

Digital de Habitação Popular, que conta hoje com aproximadamente 500 experiências e empreendimentos de habitação popular cadastrados. Entre as informações armazenadas, destacam-se a descrição geral da experiência, sua localização, referências bibliográficas disponíveis, imagens digitalizadas (fotos, plantas, croquis, etc.), tipologias adotadas, sistemas construtivos utilizados, tipo de mão-de-obra, situação jurídica e aspectos inovadores da experiência.

A linha de atuação **Gestão da Qualidade e Produtividade** tem como objetivo contribuir para a modernização do setor da construção através do desenvolvimento de novos métodos e ferramentas gerenciais para os diferentes agentes do setor.

Os resultados de quatro projetos desenvolvidos dentro desta linha de atuação estão apresentados nos Capítulos 10 a 13. Todos eles foram desenvolvidos em parceria com empresas do Macrocomplexo Construção Civil que atuam na construção habitacional e também com entidades setoriais que as representam.

O projeto **Alternativas para Redução do Desperdícios de Materiais nos Canteiros de Obra**, cujos principais resultados estão sucintamente discutidos no Capítulo 10, foi realizado por uma grande rede formada por 16 universidades, distribuídas por 12 estados brasileiros, e coordenado pela Escola Politécnica da USP. Inicialmente, foi desenvolvido um método de coleta de dados de perdas de materiais em canteiros de obra, a qual foi aplicada em cerca de 100 canteiros de obra. Foram levantados dados sobre 18 materiais de construção, sendo dada ênfase à identificação das causas das perdas, de forma a contribuir para o estabelecimento de ações corretivas no setor. Dada a extensão do trabalho, este capítulo apresenta, a título de exemplo, alguns resultados relacionados aos serviços de estrutura de concreto armado, alvenaria de blocos e revestimentos.

O Capítulo 11 apresenta os resultados do projeto **Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhoria da Qualidade em Empresas de Pequeno Porte**, realizado pelo Núcleo Orientado pela Inovação da Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que contou

também com a participação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Este projeto foi dividido em subprojetos referentes a diferentes aspectos da gestão da qualidade na promoção e construção de empreendimentos habitacionais: desenvolvimento e implementação de sistemas de indicadores de qualidade e produtividade (item 11.1), gestão do processo de desenvolvimento do produto (item 11.2), formulação de estratégia de produção (item 11.3), planejamento de canteiros de obra (item 11.4) e planejamento e controle da produção (item 11.5).

O Capítulo 12 apresenta os principais resultados de um projeto desenvolvido pelo Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, intitulado **Metodologia para Melhoria da Qualidade e Produtividade em Obras Habitacionais de Caráter Repetitivo**. Este estudo envolveu o desenvolvimento de ferramentas padronizadas para a coleta de dados, a proposição de indicadores de avaliação do desempenho da produção e, através da aplicação destes, uma análise dos fatores que afetam a produtividade em obras de edificação repetitivas. Ao todo, foram coletados dados de 11 obras na cidade de Cascavel (PR).

Finalmente, o Capítulo 13 descreve uma pesquisa voltada ao estudo da cadeia produtiva da madeira, intitulado **Otimização do Processo de Fabricação de Esquadrias de Madeira no Centro Produtor da Região Sul e Desenvolvimento de Janelas de Baixo Custo para Habitação Social**. Este projeto foi coordenado pela Escola de Engenharia de São Carlos, da USP, e pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), tendo como objetivo estudar processos existentes de fabricação de esquadrias de madeira, desde a caracterização do setor florestal e madeireiro até o projeto do produto. Foi utilizado como foco do trabalho o desenvolvimento de dois protótipos, que incorporam aspectos inovadores em relação ao material utilizado, processos de beneficiamento e fabricação e *design*.

De uma forma geral, observa-se que os projetos estão distribuídos regionalmente, tendo sido fomentados projetos em um elevado número de estados brasileiros. Contribuiu para esse fato a existência de várias redes de pesquisa de âmbito nacional, o que tende a tornar mais eficiente o esforço de produção de conhecimento.

Observa-se também um grande esforço de articulação entre a comunidade acadêmica e os vários agentes do setor, incluindo empresas de construção, poder público, entidades setoriais, projetistas e fabricantes, entre outros. Essa estratégia contribui para a realização de pesquisas com foco em problemas relevantes para o país e também facilita o processo de transferência de tecnologia.



**Normando Perazzo Barbosa** é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (1975). Mestre pela Pontifícia Universidade Católica - PUC-RJ (1978) e doutor pela Université Pierre et Marie Curie, França (1983). Livre-docência pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB (1996). Professor titular da UFPB desde 1979. Atua nas áreas de Estruturas de Concreto, Materiais e Componentes de Construção e Mecânica de Estruturas.  
E-mail: [nperazzo@lsr.ct.ufpb.br](mailto:nperazzo@lsr.ct.ufpb.br)



# 2.

## Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes

Normando Perazzo Barbosa

### Resumo

Ao longo de toda sua existência, o homem sempre construiu habitações empregando materiais disponíveis na natureza. Infelizmente, grande parte da tecnologia construtiva com materiais não industrializados foi se perdendo ao longo dos dois últimos séculos. A volta do emprego de produtos que envolvam menos energia no seu processo de obtenção, gerem menor quantidade de rejeitos e apresentem baixa emissão de poluentes será, sem dúvida, um benefício para toda a humanidade. Este trabalho tenta mostrar o potencial que representa a construção com terra crua, um dos mais tradicionais materiais de construção. Faz-se a associação da terra com produtos modernos como o cimento. São feitas algumas considerações sobre tijolos prensados de terra crua. Mostra-se o processo de otimização dos blocos e os ensaios de controle de qualidade. Apresenta-se um tipo de tijolo prensado com saliências, idealizado pelo Prof. R. Mattone, do Politecnico di Torino, Itália, que exige apenas cerca de 3 mm de argamassa e dispensa revestimento. Descreve-se a experiência real em uma favela onde houve grande aceitação e fácil assimilação da tecnologia construtiva com esse tipo de bloco, indicando-se os melhoramentos introduzidos nessa tecnologia.

13

## Introdução

A arte de construir é uma atividade relativamente recente na história da humanidade (SALVADORI, 1990). De fato, o homem já era capaz de fazer jóias, pinturas, artefatos de caça e pesca, quando, há cerca de 10 mil anos, com o advento da agricultura, sentiu necessidade de construir suas moradas para guardar suas colheitas, o que deu origem às primeiras cidades.

Evidentemente, os primeiros materiais de construção utilizados foram aqueles ofertados pela natureza (Figura 1), como pedra, palha, galhos e troncos de árvores e, sem dúvida, a terra. Com esses materiais o homem foi capaz de produzir belíssimas obras de engenharia, como são testemunhos as magníficas pirâmides e tantos outros monumentos egípcios, gregos e persas. Os romanos, misturando cal de cinzas vulcânicas, criaram o chamado cimento romano, resistente à ação da água, e

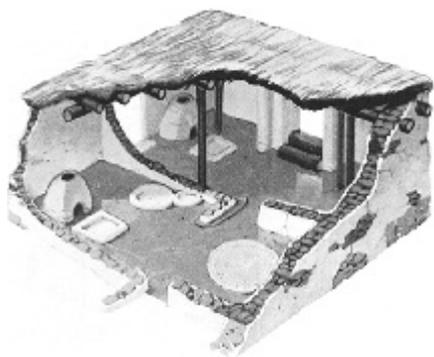


Figura 1 – Casa dos primórdios da humanidade  
Fonte: O Livro do Quando (1974)

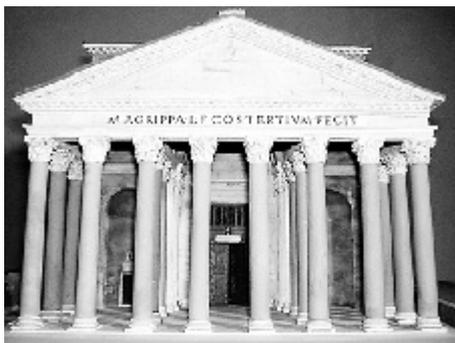


Figura 2 – Pantheon de Roma: símbolo da engenharia de alto nível empregando materiais tradicionais

com seu auxílio construíram obras que desafiam os milênios. O Pantheon (Figura 2), templo dedicado aos deuses, com quase 2 mil anos, reina ainda majestoso no centro de Roma, com sua cúpula espetacular de mais de 40 metros de diâmetro.

Com o aparecimento dos materiais de construção industrializados, pouco a pouco perdeu-se, principalmente nos países ocidentais, as tecnologias que faziam bom uso dos materiais tradicionais. Apesar da elevada produção de materiais industrializados, a construção formal está fora do alcance de grande parcela da população dos países não desenvolvidos. Conseqüentemente, a falta de habitação e infra-estrutura ainda é uma triste realidade para quase um terço da humanidade (Figura 3).

Além disso, alguns desses materiais industrializados, comumente denominados de convencionais, consomem muita energia e requerem processos de produção centralizados. Soma-se a isso a enorme quantidade de rejeitos gerada e a emissão de gás carbônico e de outros poluentes lançados na atmosfera. Por exemplo, a fabricação de uma tonelada de cimento lança na atmosfera outra tonelada de  $\text{CO}_2$  (MEHTA, 1999). No Nordeste brasileiro, a fabricação de tijolos cerâmicos utiliza quase sempre a vegetação nativa como combustível, contribuindo para aumentar o grave e preocupante problema da desertificação, que já se verifica naquela região (Figura 4).

Portanto, o desenvolvimento e a aplicação de materiais de baixo custo, de reduzido consumo de energia e que danifiquem cada vez menos o meio ambiente, na Construção Civil e em outros setores econômicos, podem contribuir para a sobrevivência da própria humanidade.



Figura 3 – Seres humanos que não têm acesso à necessidade básica de casa

# Uso da lenha acaba florestas e caatinga

## Na Paraíba, volume de extração corresponde a 115 mil campos de futebol

ABRIANA GALVÃO

Em momentos de grandes operações, a Paraíba está coberta de fumaça, com milhares de árvores e lenha queimadas. O fogo destrói as matas e de certa maneira, também, elimina as espécies animais que vivem nessas áreas. Há milhões de hectares de floresta que se encontram a cada segundo em risco de serem destruídos pelo consumo de lenha, principal combustível usado no Estado.

O consumo de lenha ocorre em todas as regiões do Estado, com destaque para o agreste paraibano, onde se encontra o maior número de indústrias cerâmicas. No entanto, a indústria cerâmica paraibana possui

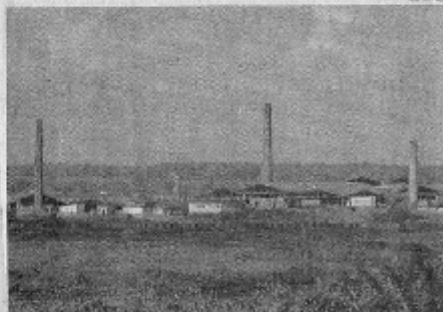
apenas 0,22% de capacidade florestal. Se para um único dia se queimas 10 mil toneladas de lenha, a indústria cerâmica paraibana precisa consumir 10 milhões de toneladas de lenha por ano.

### Classificação

O grande problema é a quantidade de madeira e lenha consumida e a falta de controle da extração. O Estado da Paraíba tem 11 milhões de hectares de floresta e caatinga, mas apenas 2 milhões são protegidos. O Estado da Paraíba tem 11 milhões de hectares de floresta e caatinga, mas apenas 2 milhões são protegidos. O Estado da Paraíba tem 11 milhões de hectares de floresta e caatinga, mas apenas 2 milhões são protegidos.

quebra Galvão.

Existem cerca de 100 indústrias cerâmicas no Estado da Paraíba, com capacidade para produzir cerca de 10 milhões de peças por ano. No entanto, a maioria das indústrias não possui controle ambiental e utiliza lenha para a produção de energia. Além disso, muitas indústrias não possuem controle ambiental e utilizam lenha para a produção de energia. Além disso, muitas indústrias não possuem controle ambiental e utilizam lenha para a produção de energia.



As plantas são algumas das principais fontes de lenha na indústria da cerâmica.

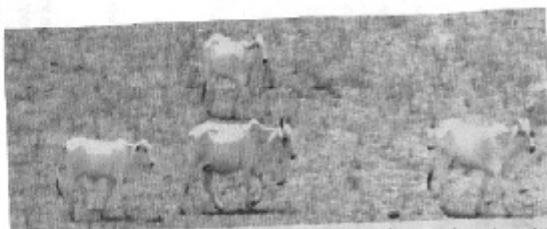
Ibama autorizou desmate de 5.000 ha

# Desertificação atinge

## 74% da PB

Processo afeta 113 municípios onde moram

2,3 milhões de pessoas



Terras antes produtivas perdem o poder econômico por causa dos desmatamentos.

Figura 4 – A indústria cerâmica contribuiu para o agravamento do problema de desertificação

Preocupados com essa realidade, alguns cientistas, engenheiros e arquitetos vêm se dedicando ao estudo, desenvolvimento e resgate de materiais locais, disponíveis em abundância, especialmente em países em desenvolvimento. No Brasil, foi criada a Associação Brasileira de Ciências de Materiais e Tecnologias Não Convencionais, tendo à frente o Professor K. Ghavami, da PUC-RJ. Em março de 1998, foi realizado na UFPB o Encontro “Materiais de Construção Não Convencionais: tradição e modernidade”, que foi organizado pelo autor e que contou com a presença de 11 pesquisadores estrangeiros. Em outubro do mesmo ano, teve lugar no Instituto dos Arquitetos do Brasil o “Simpósio sobre Materiais e Tecnologias Não Convencionais”. Em novembro de 2000, em João Pessoa, aconteceu o Congresso Internacional Sustainable Construction into the Next Millenium, novamente organizado pelo autor. Em março de 2001 teve lugar em Hanói, Vietnã, o Third International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies. No âmbito latino-americano, existe a Rede PROTERRA, congregando engenheiros, arquitetos, professores e pesquisadores interessados na construção com terra. Na França, existe o Centro Internacional da Construção com Terra.

Entre os materiais hoje ditos “não convencionais”, malgrado sua tradição milenar, tem-se a terra crua. Às qualidades da terra, como não ser poluente, apresentar excelentes propriedades térmicas e baixo consumo energético, somam-se a disponibilidade e a facilidade de gerar uma tecnologia apropriada para ajudar na solução de problemas de moradia, especialmente para populações pobres dos países em desenvolvimento.

No Nordeste brasileiro, a construção com terra é um exemplo de tecnologia perdida. Antigamente, construções dos senhores de engenho eram feitas de terra e apresentavam excelente aspecto e desempenho. Hoje, o material foi relegado à condição de “material de pobre”, porque não é usado corretamente, resultando em edificações de má qualidade e péssimo aspecto estético (Figura 5).



Figura 5 – Casa de taipa no Nordeste brasileiro: exemplo de uma tecnologia perdida

Nas fissuras existentes nas paredes das casas de terra mal construídas abrigam-se roedores e insetos que condenam seus habitantes, já debilitados por falta de alimentação adequada, a uma vida de doenças. No sertão nordestino, um dos insetos que vivem nessas casas é o conhecido barbeiro, causador do Mal de Chagas (Figura 6), que afeta cerca de 24 milhões de pessoas no continente latino-americano (PERALTA, 1997).



Figura 6 – Mal de Chagas: doença associada às más condições de habitação

No entanto, com a terra pode-se fazer belas e saudáveis construções. Quase um bilhão e meio de pessoas ainda vive em moradas de terra (FUNDAÇÃO CALOUTE GULBENKIAN, 1993). Muitas em sub-habitações, como a da Figura 5, outras em magníficas construções, como a mostrada na Figura 7.

18



Figura 7 – Mansão construída em terra crua no Novo México, USA

Neste trabalho pretende-se mostrar que é possível desenvolver tecnologias apropriadas e construir moradias dignas para populações excluídas do processo de desenvolvimento do país usando o mesmo material com que se fazem as insalubres casas de taipa.

## Tijolos prensados de terra crua

### Histórico

Pode-se dizer que os tijolos prensados de terra crua são uma forma “moderna” de uso da terra como material de construção. Apesar de seu uso milenar, a terra só passou a ser utilizada na forma comprimida por equipamentos na década de 1950, quando o pesquisador colombiano G. Ramires teve a idéia de criar uma prensa manual para fabricação de tijolos. Esta ficou mundialmente conhecida como prensa CINVA-RAM (Figura 8), sendo o primeiro nome o do organismo de habitação popular do Chile onde Ramires trabalhava.



Figura 8 – Prensa manual CINVA-RAM

No Brasil a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) realizou muitos trabalhos com o que se chamou solo-cimento. Foi inclusive desenvolvida uma prensa para fabricação de tijolos de solo-cimento (Figura 9) com o apoio do Banco Nacional de Habitação (BNH). No entanto, nesse processo, o equipamento, moldando três tijolos ao mesmo tempo, não consegue dar uma pressão conveniente à terra.

Assim, para se obterem resistências adequadas, usam-se taxas de cimento de 8%, 10%, 12% e até mesmo 15%. Tais teores de ligante passam a pesar significativamente nos custos do material. Além disso, os tijolos têm pequenas dimensões, fazendo com que seja consumida muita argamassa na ligação, sem se conseguir dar uma grande estabilidade e rigidez aos muros.

No presente trabalho, optou-se pela denominação *tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento*, em vez de *tijolos de solo-cimento*, levando-se em conta que a pressão de compactação aplicada à terra nos moldes da prensa chega até cerca de 2 MPa. A Figura 10 mostra uma prensa de tecnologia francesa, conhecida como GEO 50, de excelente desempenho, que tem a vantagem de, através de um engenhoso sistema de molas, imprimir uma dupla compactação à terra: tanto pela parte superior quanto pela inferior. Além do mais, todos os movimentos são feitos de um único lado. Esse tipo de prensa foi utilizado nesta pesquisa.

Estudos aprofundados sobre o tema começaram na França, no início dos anos 1980. Muitas publicações sobre o tema foram originadas da École Nationale de Travaux Publics de l'État (ENTPE) (OLIVIER; MESBAH 1985a; OLIVIER; MESBAH, 1985b; OLIVIER; MESBAH, 1986; OLIVIER; MESBAH; ADAM, 1989; OLIVIER; MESBAH, 1990; OLIVIER; MESBAH, 1991; OLIVIER, 1994; OLIVIER; EL GHARBI; MESBAH, 1995), com a qual a UFPB mantém cooperação. Atualmente, um professor desta última encontra-se na instituição francesa fazendo doutorado no tema da construção com terra crua. Desde fins da década de 1980 o material terra crua tem sido estudado na UFPB (TOLEDO FILHO; BARBOSA; GHAVAMI, 1990a; TOLEDO FILHO; BARBOSA; GHAVAMI, 1990b; SOUZA, 1993; FREIRE, 1994; PAIVA, 1995; SOUSA; MAGALHÃES; BARBOSA, 1996a; BARBOSA, 1996b; BARBOSA, 1997; GHAVAMI; TOLEDO FILHO; BARBOSA, 1999; SOUZA; BARBOSA; TOLEDO, 2000), que também trabalha

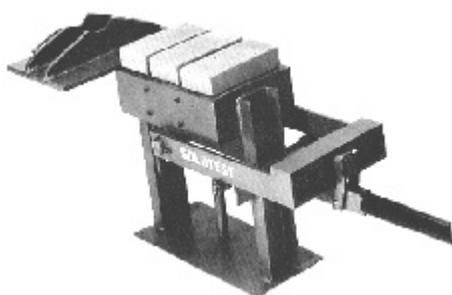


Figura 9 – Prensa manual que produz três tijolos ao mesmo tempo com pouca pressão de compactação

em cooperação com o Politecnico di Torino no assunto (BARBOSA; MATTONE, 1996; BARBOSA; SOUZA; MATTONE; GOGGI, 1996; BARBOSA; SOUZA; MATTONE, 1996).

Resumidamente, pode-se dizer que a qualidade desses tijolos prensados depende de: (a) tipo de terra; (b) umidade de moldagem; (c) tipo de prensa; (d) tipo e percentagem de estabilizante; e (e) cura. Cada um desses fatores é discutido a seguir.

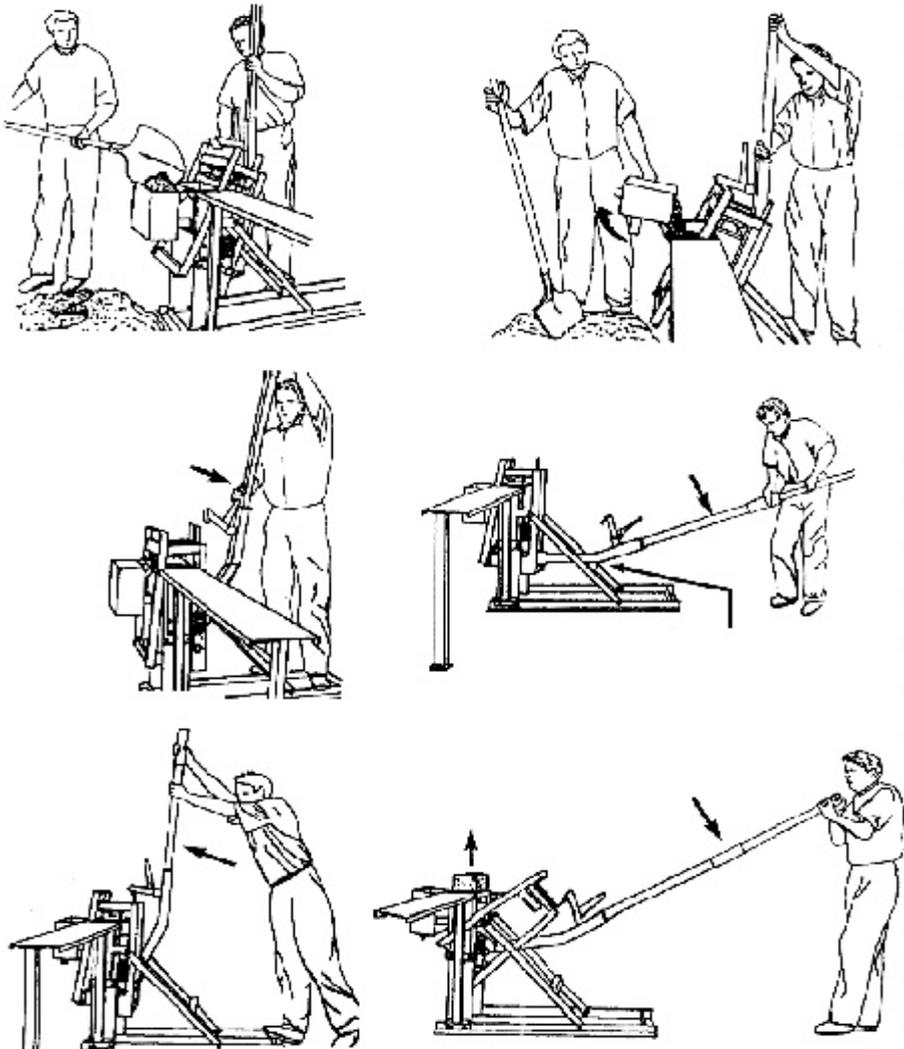


Figura 10 – Operação da prensa manual GEO 50

## Tipo de terra

Cada tecnologia de construção com terra tem o tipo de solo que lhe é mais apropriado. A terra mais conveniente para a fabricação de adobes, por exemplo, não é para a obtenção dos tijolos prensados.

Há certos tipos de argila, como a montmorilonita, que, quando presentes no solo, são inconvenientes para construção com terra por serem altamente expansivos.

O teor de cada componente granulométrico também é importante. É conveniente que o solo apresente plasticidade e que seu limite de liquidez não seja excessivo, de preferência menor que 40-45%. Para os tijolos prensados, pode-se dizer que é desejável que o solo tenha: (a) 10% a 20% de argila; (b) 10% a 20% de silte; e (c) 50% a 70% de areia.

Na presente pesquisa, tijolos de ótima qualidade foram obtidos com um solo local que apresentava cerca de 11% de argila, 18% de silte e 70% de areia, sendo esta última composta de grande quantidade de areia fina (grãos de 0,05 a 0,25 mm). Quando o solo não se enquadra nessa faixa, pode-se fazer uma correção granulométrica. Por exemplo, se o solo é muito argiloso, com limite de liquidez e índice de plasticidade altos, é comum misturá-lo com areia. A proporção depende de cada caso.

## Umidade de moldagem

A umidade de moldagem mais conveniente também é função do tipo de solo. Para se obterem tijolos prensados de qualidade com uma determinada terra, é necessário estabelecer a percentagem ideal de água em relação à quantidade de material a ser posta no molde da prensa, através de um processo de otimização, o que é desenvolvido com base na máxima densidade seca. Toma-se um lote de material e determina-se a umidade natural. Caso se conheça a umidade ótima do ensaio de compactação estática, trabalha-se com esse dado. O peso de terra a ser posto na prensa passa a ser a variável. Faz-se variar este parâmetro, pesando-se e medindo-se as dimensões do tijolo para obter seu volume e a conseqüente densidade seca pela equação (1).

$$g_d = P_w / [(1 + w) \cdot V] \quad (1)$$

onde  $g_d$  é a densidade seca;

$P_w$  é o peso do corpo de prova logo após moldagem, ainda úmido;

$w$  é o teor de água presente; e

$V$  é o volume do tijolo.

Caso não se conheça a umidade ótima, faz-se variar também a quantidade de água, e obtêm-se gráficos como os indicados na Figura 11. O pico mais elevado de todas as curvas indica o teor ótimo de umidade e o peso de material a ser posto na prensa. Na prática, converte-se o peso em volume, usando-se a massa unitária do material úmido.

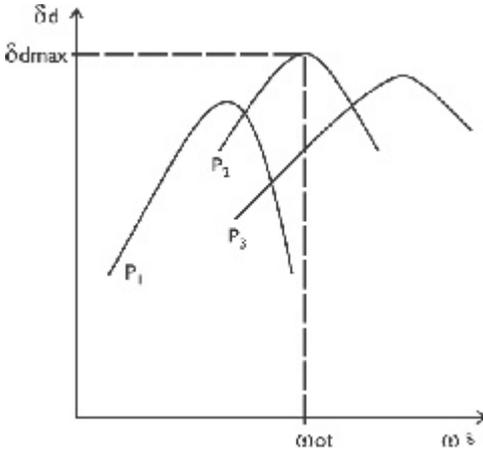


Figura 11 – Otimização da umidade do solo e da quantidade de material a ser posta na prensa

## Tipo de prensa

O tipo de prensa é importante, pois, quanto maior a compactação imposta ao solo, melhor será o produto final. No mercado encontram-se diversos tipos de prensa. Além da prensa GEO 50, utilizada no presente estudo, que comprime o solo com pressões da ordem de 2 MPa, existem também no mercado prensas hidráulicas que imprimem ao solo pressões muito maiores, resultando em produtos muito resistentes. O inconveniente é que se trata de equipamentos pesados e caros.

## Tipo e percentagem de estabilizante

Estabilizar o solo significa misturá-lo com produtos que melhoram suas propriedades, inclusive sob a ação da água. Um dos melhores e mais difundidos estabilizantes é o cimento, que trabalha reagindo quimicamente não só com a água, formando agentes cimentícios, mas também com as partículas finas do solo. Teores de 4% a 6% de cimento são capazes de produzir tijolos prensados de excelente qualidade. Mais detalhes sobre outros estabilizantes e seu mecanismo de ação podem ser encontrados em Olivier (1994), Barbosa (1996) e Houben e Guillaud (1989). A percentagem do estabilizante depende do tipo de solo que se vai empregar. Se houver muita argila presente, é exigido no mínimo 6% de cimento, em peso. Se o solo é

excessivamente arenoso, podem ser requeridas taxas maiores. Se o solo é bem graduado, 4% de cimento pode resultar em blocos de ótima qualidade. Também se pode usar a cal (6% a 8%) ou mesmo uma mistura de cal e cimento. A cal atua bem com solos argilosos, porém, para ser eficaz, deve ser uma cal de qualidade.

Outro estabilizante que está sendo estudado atualmente na UFPB é a mistura de cal com resíduos de tijolos cerâmicos moídos. Os trabalhos iniciais apontam para um grande potencial de uso dessa mistura, que possui custo reduzido.

## Cura

Os tijolos prensados, em geral, são moldados com uma percentagem de água em torno de 8% a 15%. Nas condições locais, a umidade de equilíbrio com a atmosfera é em torno de 2% a 4%. Então, a tendência da água é sair do interior do tijolo. Na região Nordeste do Brasil tem-se ainda o agravante das temperaturas elevadas e do vento, que fazem secar rapidamente o blocos recém-fabricados, caso providências não sejam tomadas contra isso. Se ocorrer a saída rápida da água, não vai haver tempo para esta reagir com todos os grãos de cimento, caindo, assim, a qualidade do bloco. Dessa forma, é imprescindível fazer uma cura, que consiste em impedir que a água utilizada na mistura saia do produto após sua fabricação. Um método muito eficaz consiste em cobrir os tijolos com uma lona plástica. Assim, impede-se a evaporação da água. Também se pode molhar periodicamente os tijolos novos.

## Controle de qualidade dos tijolos

Dois principais tipos de ensaio devem ser feitos nos blocos de forma a se controlar a sua qualidade: resistência à tração indireta e resistência à compressão. Esses ensaios, com base em um documento da École Nationale de Travaux Publics de l'État, Lyon, França, validados na reunião de abril de 96, estão sendo normalizados pelo comitê técnico TC-EBM da RILEM (OLIVIER; EL GHARBI; MESBAH, 1996).

O ensaio de tração indireta é feito conforme mostra a Figura 12.

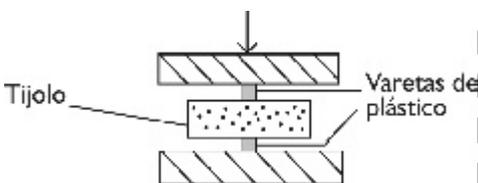


Figura 12 – Ensaio de tração indireta nos tijolos de terra crua

A velocidade de ensaio deve ser bem pequena, se possível da ordem de 0,002 mm/s. A resistência à tração é dada por:

$$f_t = 2.F/(P.b.h) \quad (2)$$

onde F é a força de ruptura, suficientemente afastada da extremidade;

b é a largura; e

h é a espessura do tijolo.

Com as duas metades dos blocos resultantes, pode-se fazer mais dois ensaios de tração indireta em cada um, ou então um ensaio de compressão, como mostra a Figura 13.

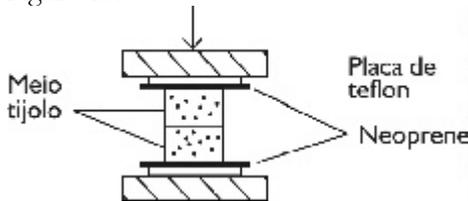


Figura 13 – Ensaio de compressão

A fim de assegurar um comportamento homogêneo do material durante o ensaio de ruptura à compressão simples, os pratos da prensa devem ser rotulados e o corpo de prova munido nas duas extremidades de um sistema antifretagem, constituído de uma membrana de neoprene posta sobre placa de teflon. Isso praticamente elimina o atrito entre a prensa e o tijolo. A velocidade de ensaio, com controle de deslocamento, deve ser constante, correspondendo a 0,02 mm/s (cerca de 1,2 mm/min). A argamassa de ligação deve ser a mesma a ser utilizada na construção.

## Tijolo prensado idealizado pelo Prof. Mattone

Depois de numerosas investigações, foi concebida pelo Prof. Mattone, do Politecnico di Torino, uma forma para a fabricação de tijolos com saliências dos tipos macho e fêmea. Essa forma foi empregada na prensa manual GEO 50. Como se pode ver na Figura 14, tanto nas extremidades quanto nas partes superior e inferior, há possibilidade de encaixe.

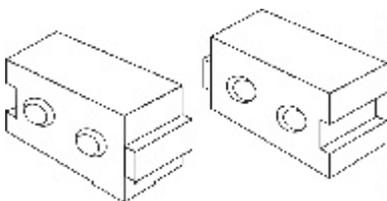


Figura 14 – Tijolo com saliências de encaixe

Uma grande vantagem dos tijolos em questão é a facilidade de execução das paredes. Os tijolos encaixam-se uns nos outros através das saliências, porém estas permitem pequenos deslocamentos relativos dos blocos, que possibilitam a correção de verticalidade e linearidade dos muros quando de sua construção. As dimensões do tijolo são 14 cm x 28 cm x 9,5 cm. O peso resulta entre 6,6 e 7 quilos.

Painéis de paredes com esses tijolos foram testados experimentalmente no Politecnico di Torino (BARBOSA; MATTONE, 1996; MATTONE; PASERO, 1993) e também na UFPB (SOUSA; MAGALHÃES; BARBOSA, 1996; BARBOSA, 1997). Os ensaios experimentais mostraram um excelente comportamento, resultando em paredes de grande rigidez.

## Implementação da tecnologia

A implementação prática de um projeto de construção de casas com os tijolos prensados de terra crua deve passar por duas fases de formação de pessoal:

- uma para o processo de fabricação dos tijolos; e
- outra para o processo construtivo das casas.

Na Figura 15 mostram-se duas fotos do processo de formação para fabricação de tijolos prensados na Patagônia, Argentina. Nesse processo deve-se ensinar o peneiramento, a dosagem dos materiais (terra, água, cimento), o processo de mistura, o método de utilização (e a manutenção) da prensa manual, a fabricação dos tijolos, o processo de cura e cuidados na estocagem. Detalhes sobre o assunto podem ser encontrados em Barbosa (1996) e Barbosa, Toledo Filho e Ghavami (1997).



Figura 15 – Formação de pessoal para fabricação de tijolos prensados

Na formação para a construção propriamente dita, deve-se ensinar e orientar todos os passos. Em se tratando de populações habituadas com suas casas de taipa insalubres, pode haver preconceitos com relação ao uso da terra. Por isso, é essencial um acompanhamento técnico mais intenso no início da implantação do projeto, para se chegar a um produto de qualidade. Uma construção malfeita pode levar ao descrédito e pôr a perder muito esforço. Em uma comunidade que não conhece os tijolos de terra crua, é preferível começar primeiramente com um prédio comunitário, como um centro comunitário, uma creche, uma escola.

A locação da edificação deve ser feita de maneira tradicional, a partir de projeto que já tenha previsto dimensões para os ambientes que correspondam a números inteiros ou inteiros mais metade de tijolos.

No processo construtivo adotado, a fundação era composta de pedras. Nas paredes internas, caso não se disponha de pedra suficiente, pode-se fazer uma vala de 30 cm de largura e profundidade conforme o solo local e preenchê-la com a mesma mistura de terra-cimento com a qual foram fabricados os tijolos, compactando-a firmemente.

Em edificações maiores, as pedras da fundação devem ser assentadas de preferência com argamassa de cimento. Porém, para construção de pequenas casas populares, pode-se dispensar a argamassa, procurando-se preencher o vazio das pedras com terra e/ou areia. Uma camada de concreto por sobre as pedras, de 20 cm de largura e 7 cm a 8 cm de espessura, e um ferro de 6,3 mm fazem a amarração pela parte superior das pedras. A face superior dessa cinta deve estar no nível do piso (Figura 16).

Em seguida, sobre a cinta, corre-se uma primeira camada de concreto. Deve-se marcar a posição das portas, onde esta camada é interrompida. Sua espessura deve ter de 5 cm a 7 cm. Na largura, recomenda-se 20 cm nas paredes internas e 17 cm nas paredes externas. O objetivo é deixar um rodapé resistente, com 2 cm ou 3 cm, para proteção de choques e de água quando da lavagem dos ambientes.

Uma vez pronta essa camada, convém conferir suas dimensões colocando-se sobre ela os tijolos sem nenhum ligante. Normalmente ocorrem pequenas defasagens que podem ser então corrigidas. Em seguida, a primeira fiada de tijolos é assentada com argamassa de cimento-areia, obedecendo à linha de referência. Sobre cada tijolo põe-se o nível nas duas direções, corrigindo-se os possíveis desníveis com pancadas sobre um pedaço de madeira que se apóia no tijolo. As saliências dos tijolos de encaixe permitem pequenos movimentos para as correções de nível, linearidade e verticalidade.

O assentamento das demais camadas é feito com a própria terra finamente peneirada e misturada com cerca de 10% de cimento e muita água, de forma a permitir uma argamassa bem fluida. Defasam-se as juntas de forma que cada tijolo apóie-se sobre outros dois. O controle do nível deve existir ao longo de todo o processo. A linearidade das paredes é controlada pela linha que corre paralelamente a elas, e a verticalidade, por régua e nível. Nos cantos passa-se o esquadro em cada tijolo assentado.

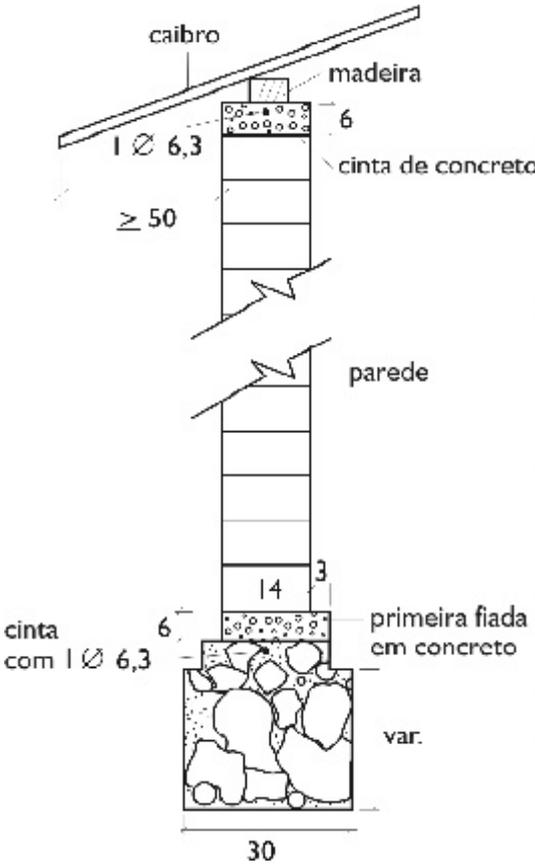


Figura 16 – Conjunto fundação, parede, cintamentos

No topo de todas as paredes, que corresponde à altura das portas e janelas, passa-se uma cinta de concreto (Figura 17), no caso das casas populares, com apenas um ferro de 6,3 mm. As saliências superiores do tijolo promovem uma excelente integração da cinta com a parede.

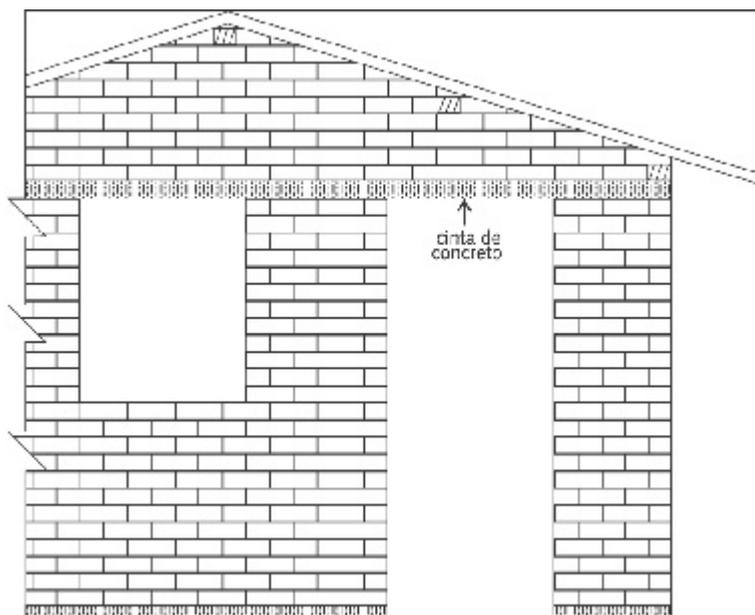


Figura 17 – Casa popular com tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento

Sobre as portas e janelas, para facilitar, pode-se usar elementos pré-fabricados, reforçados com aço ou mesmo com materiais vegetais como o bambu ou outro produto local. Deixando-se o devido comprimento de ancoragem, consegue-se uma boa ligação com o restante das cintas.

Por sobre a cinta vem o madeiramento e cobertura, por enquanto, tradicional com telhas cerâmicas canal. Está sendo estudada uma alternativa para baratear o telhado com telhas à base de cimento a serem fabricadas também pelos próprios moradores. Atualmente, tenta-se desenvolver coberturas reforçadas com fibras de sisal. No telhado, deve-se deixar um significativo beiral de, pelo menos, meio metro, de forma a proteger o máximo a parede da ação das chuvas.

O acabamento final das paredes pode ser feito preenchendo-se com uma pasta de terra peneirada misturada com cimento e água os pequenos orifícios que podem aparecer entre fiadas. Procedendo-se a uma limpeza correta, nenhum revestimento é necessário. O aspecto final dos muros resulta muito agradável, sendo a pintura uma opção do morador. Para baratear ao máximo a construção, inclusive os marcos de porta também são feitos em argamassa. Em todas as fases o acompanhamento técnico é conveniente. A Figura 18 mostra alguns passos do processo de fabricação dos tijolos e das casas.



(a) Peneiramento da terra



(b) Mistura da terra com o cimento e a água



(c) Fabricação dos tijolos



(d) Estocagem e cura com lona plástica



(e) Demolição de casa de taipa e pedras para fundação



(f) Forma para primeira fiada em concreto



(g) Assentamento da primeira fiada de tijolos



(h) Execução da alvenaria

Figura 18 – Algumas etapas de fabricação de tijolos prensados e construção de casas

Na Figura 19 apresentam-se algumas das casas construídas pela própria população sob orientação do autor.



Figura 19 – Casas de tijolos prensados de terra crua

## Aperfeiçoamento da tecnologia inicial

No processo de construção das paredes de alvenaria, para as juntas verticais não coincidirem, é necessário dispor de meio tijolo. Tentou-se obtê-lo diretamente na prensa através de um dispositivo, mas esse processo não se mostrou eficaz. Parti-lo com a colher de pedreiro também é possível, porém se gasta mais tempo e, quase sempre, perde-se uma das metades. Foi então criado o dispositivo mostrado na Figura 21, que permite uma rápida obtenção das duas partes do tijolo.

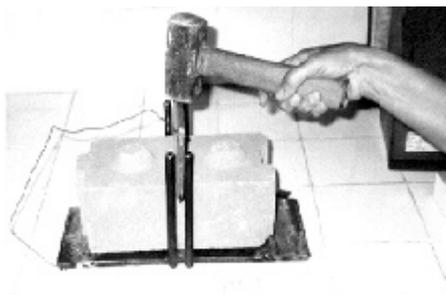


Figura 20 – Dispositivo para quebrar o tijolo em duas metades

No que diz respeito ao processo construtivo, as formas para as primeiras fiadas, antes feitas de compensado, foram substituídas por régua metálica e foram criados espaçadores que facilitaram a moldagem da primeira camada.

A cinta de amarração sobre portas e janelas teve a sua forma aperfeiçoada. Em vez de ferro pode-se usar varas de bambu (Figura 21), que também têm um bom comportamento se forem usadas ao longo de toda a cinta, dispensando a armadura.



Figura 21 – Forma para verga pré-fabricada sobre portas e janelas, reforçada com bambu

Como mostra a Figura 22, o consumo de madeira para cobertura com telhas cerâmicas é relativamente grande. De fato, o telhado chega a custar perto de 40% do valor da casa. Por isso, estudam-se telhas à base de argamassa de cimento reforçada com fibras de sisal (Figura 23), para reduzir drasticamente a quantidade de madeira.



Figura 22 – Telhado para telhas cerâmicas com grande consumo de madeira

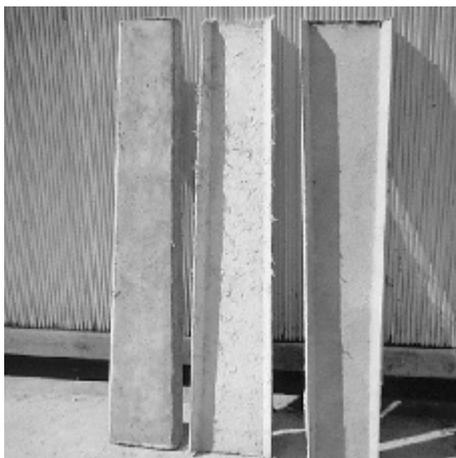


Figura 23 – Telhas de argamassa de cimento e fibras de sisal para redução do consumo de madeira e barateamento da cobertura

## Considerações finais

Neste trabalho foram apresentadas algumas considerações sobre a terra crua como material de construção. Discorreu-se sobre os tijolos prensados de terra estabilizados com cimento. Mostrou-se resumidamente o processo construtivo com esse tipo de bloco. Foi apresentada uma experiência sobre as tecnologias de fabricação dos tijolos e de construção de edificações em uma favela, tendo como construtores os próprios moradores, devidamente supervisionados.

Do exposto vale salientar que:

- (a) a terra crua apresenta grande potencial a ser explorado na minimização do problema da habitação em todo o mundo;
- (b) a terra crua representa uma alternativa não poluente e de baixo consumo energético para a construção de casas. Sendo um material que “respira” (em vista da porosidade), permite trocas de vapor entre interior e exterior da construção, o que tende a elevar o conforto térmico;
- (c) conhecimentos sobre o material terra são necessários, de forma que seu emprego seja feito adequadamente. Caso contrário, corre-se o risco de se pôr a perder todo o esforço desenvolvido para o resgate de seu uso;
- (d) os tijolos prensados, sobretudo os estabilizados, mesmo com teores de cimen-

to bem inferiores àqueles empregados em blocos à base de cimento-areia, podem chegar a ter resistências comparáveis à destes últimos;

(e) para pequenas construções, 4% a 5% de cimento numa terra adequada já conduz a um produto capaz de resistir à ação da água e aos carregamentos de serviço com grande folga, o que é economicamente viável;

(f) com tijolos prensados estabilizados é possível a construção de edificações de três a quatro pavimentos, sendo neste caso necessária uma maior percentagem de cimento e rigoroso controle no processo de fabricação dos blocos;

(g) a normalização dos ensaios com os tijolos de terra crua representa um passo à frente na tentativa de resgatar o uso dos blocos crus na construção;

(h) o tipo de tijolo desenvolvido pelo Prof. Mattone, do Politecnico di Torino, é muito prático, o que resulta em uma parede de grande rigidez;

(i) esse tijolo não precisa de revestimento (como de resto os tijolos prensados estabilizados em geral) e praticamente dispensa argamassa de assentamento, sendo necessária apenas uma mistura fluida de terra, cimento e água;

(j) projetos de construção envolvendo o próprio pessoal são de grande valia para as populações pobres, que ganham uma ocupação e uma oportunidade de mostrar até a si próprias que são capazes de produzir algo concreto e de qualidade. É inegável a diferença de padrão das residências feitas com tijolos prensados em relação às casas de taipa; e

(k) a terra crua permite gerar uma tecnologia apropriada para populações excluídas do processo de desenvolvimento, sendo necessário, porém, o acompanhamento técnico periódico.

Os trabalhos fruto do financiamento do Habitare desenvolveram-se na favela conhecida como Cuba de Baixo, no município de Sapé (PB).

Nessa favela também se usou o processo construtivo com tijolos de adobe, cujos resultados não estão apresentados neste trabalho. Diferentemente dos tijolos prensados, que precisam de mão-de-obra mais forte (a prensagem exige um certo esforço), os blocos de adobe podem ser produzidos até por mulheres sozinhas. Nessa comunidade, sob orientação do autor, foi construída uma creche onde os tijolos de terra foram fabricados pelas mães das crianças, o que minimizou o seu custo.

No total, um centro comunitário, uma creche e mais de quarenta casas de terra, agora com tecnologia, foram construídos na favela, substituindo as insalubres casas de taipa.

Finalmente, convém comentar que o sistema construtivo com os tijolos prensados poderia contribuir, em muito, para melhorar as condições de vida no país. Uma casa saudável significa mais saúde para os que nela habitam.

Para dar continuidade aos trabalhos, foi proposto à Prefeitura Municipal de Sapé um projeto para substituição das casas de taipa que ainda restam na citada favela. Com a cooperação da Prefeitura, a ser encarregada da doação da terra, de pedras de fundação e de areia, pode-se chegar a construir habitações de cerca 40 m<sup>2</sup> por menos de 800 dólares cada.

Também foi elaborado um projeto para o município de Taperoá (PB), para o programa de convivência com a seca. Normalmente, o Governo Federal pagava um pequeno salário para os flagelados da estiagem do sertão nordestino. Em troca deviam desenvolver algumas atividades que em geral não resultavam em nada de concreto. Propôs-se, então, que fosse usada essa mão-de-obra para fabricação de tijolos e construção de casas. Levado o projeto a Brasília, após muitos elogios, falou-se que o sistema de apoio aos emergenciados foi mudado e que não havia mais a possibilidade de apoio para desenvolver essas atividades produtivas.

Outro projeto também foi encaminhado pela Prefeitura do Município de Livramento (PB) para o Ministério da Integração Regional, estando o financiamento praticamente aprovado. Espera-se, pois, disseminar o método de trabalho e a tecnologia em benefício da sociedade brasileira.

## Referências bibliográficas

BARBOSA, N. P. **Construção com terra crua:** do material à estrutura. Monografia (Apresentada no concurso para Prof. Titular do Departamento de Tecnologia da Construção Civil), [Universidade Federal da Paraíba], João Pessoa, out. 1996.

\_\_\_\_\_. **Structural behaviour of compressed earth blocks masonry.** Sexta Reunião do Comité TC-EBM, abr. Torino, Itália, 1997.

BARBOSA, N. P.; MATTONE, R. Estudos sobre tijolos de terra crua desenvolvidos na Universidade Federal da Paraíba e Politecnico di Torino. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, MG, 2., 1996. **Anais...**, 1996.

BARBOSA, N. P.; SOUZA, S. M.; MATTONE, R. Um método construtivo de casas populares com tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CIMENTO, 4., São Paulo, 1996. **Anais...** São Paulo: ABCP.1996. v. 3, p. 263-276.

BARBOSA, N. P.; TOLEDO FILHO, R. D.; GHAVAMI, K. Construção com terra crua. In: TOLEDO FILHO, R. D.; NASCIMENTO, J. B. W. GHAVAMI, K. (Ed.). **Materiais de construção não convencionais.** [S. l.]: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. 1997. p. 113-144.

BARBOSA, N. P. et al. Uma experiência de transferência de tecnologia de construção de casas com tijolos prensados de terra crua em uma favela paraibana.

36

**Revista de Extensão**, João Pessoa, ano 1, n. 2, p. 31- 46, 1996. Pró-Reitoria de Assuntos Comunitários.

FREIRE, A. **Otimização de blocos comprimidos de terra crua.** 1994. Relatório (Iniciação Científica) - Departamento Tecnol. Construção Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, out. 1994.

FUNDAÇÃO CALOUTE GULBENKIAN. **Arquitecturas de terra.** Lisboa, Portugal, 1993.

GHAVAMI, K.; TOLEDO FILHO, R.; BARBOSA, N. P. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. **Cement and Concrete Composites**, v. 21, n. 1, 1999. Editora Elsevier Science.

HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. **Traité de construction en terre**. Marseille: Parenthèses, 1989.

MATTONE, R.; PASERO, G. La terra rinforzata con fibre vegetali: caratteristiche meccaniche, tecnologia costruttive, durabilità. [**Working Paper**] n. 63, Itália: DINSE, Politecnico di Torino, 1993.

MEHTA, K. **Concrete technology for sustainable development**. Key speakers paper, Sencon CANMET/ACI. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE, Gramado, RS, Brasil, 1999.

O LIVRO do quando enciclopédia do quando, onde, porquê. [S. l.]: Record, 1974. ESTÁ

OLIVIER, M. **Le matériau terre**: compactage, comportement, application aux structures en blocs de terre. 31 jan. 1994, 450 p. These (Doctorat en Genie Civil) - INSA de Lyon. Annexes, 270, p. 1994.

OLIVIER, M.; EL GHARBI, Z.; MESBAH, A. **Proposition d'une norme d'essai pour les blocs de terre comprimés**. Document provisoire de travail, Labor. Geomateriaux, ENTPE, 1995

\_\_\_\_\_. **Rapport de l'ENTPE pour le comité TC EBM**. Casablanca, Marrocos: LPEE, 1996.

\_\_\_\_\_. Choix de technique de construction en terre, la plus appropriée à un site donné. **Journées Scientifiques sur L'Habitat Economique en Zone Tropicale**, Bamako, Mali, 18-25 nov. 1999. 10 p.

\_\_\_\_\_. La brique crue stabilisée: une réponse à la demande des paysans guinéens. In: PREMIER SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR L'INGENIERIE DES CONSTRUCTIONS EN TERRE, Marrakech, Maroc. 1989, **Anais...** 1990. 6 p.

\_\_\_\_\_. Le materiau terre - l'essai de compactage statique pour la fabrication de briques de terre crue compressées. **Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées**, n. 146, nov-déc. 1986, p. 37-43.

\_\_\_\_\_. Optimisation de la fabrication de briques de terre crue pour la construction. In: COLLOQUE TROPICALS'85, SOCIEDADE BRASILEIRA DE MECÂNICA DOS SOLOS. 1995. Brasília. **Anais...** Brasília. 1985, v. 2, p. 413-422.

\_\_\_\_\_. The earth as a material. Use of the Proctor Static Test to optimize the making of compacted earth bricks. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MODERN EARTH CONSTRUCTION, Pequim. **Anais...** Pequim, 1985. 8 p.

OLIVIER, M.; MESBAH, A.; ADAM W. Influence du malaxage et du type de presse sur la fabrication des briques de terre compressée. In: CIB-RILEM SYMPOSIUM ON MATERIAL FOR LOW INCOME HOUSING, 3. Mexico City. **Anais...** 1989. 6-10 nov. 1989. p. 10.

PAIVA, C. E. **Otimização de blocos de terra crua**. Relatório (Iniciação Científica) - Departamento Tecnol. Construção Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 1995.

PERALTA, C. **Implicazioni igieniche della costruzione di terra cruda in Argentina**. In: SEMINÁRIO TERRA INCIPIT VITA NOVA. Politecnico di torino, facoltà di architettura, Torino, Itália, 1997.

SALVADORI, M. **Perché gli edifici stano in piedi**. Milano: Fabbri, Etas SPA, 1990.

38

SOUZA, S. M. T. **Tijolos de terra crua reforçada com fibras vegetais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, 1993.

SOUZA, S. M. T.; BARBOSA, N. P.; TOLEDO, R. D. Efeito das fibras de sisal no comportamento de tijolos de terra crua. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SUSTAINABLE CONSTRUCTION INTO THE NEXT MILLENNIUM, 2-5 nov. 2000. **Anais...** João Pessoa, 2000. p. 413.

SOUZA, S. M. T.; MAGALHÃES, M. S.; BARBOSA, N. P. Experimentação de painéis de tijolos prensados de terra crua. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA , 2, maio 1996. **Anais...** 1996.

TOLEDO FILHO, R. D.; BARBOSA, N. P.; GHAVAMI, K. Applications of sisal and coconut fibres in adobe blocks. In: INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM ON VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS, 2, Salvador, Brasil, 1990. **Anais...** 17-21 set. 1990. p. 139-149.

\_\_\_\_\_. Estudo das propriedades físicas e mecânicas das fibras de sisal e de coco e seu emprego em blocos de adobe. In: ENCONTRO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO, 10, Gramado, RS, dez. 1990. **Anais...** 1990.



**Miguel Aloysio Sattler** é engenheiro civil (1974) e agrônomo (1978) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Doutor pela University of Sheffield (1987), com pós-doutorado na University of Liverpool, Inglaterra (1994). Técnico da Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC no período de 1980 a 1996. Professor da pós-graduação da Pontifícia Universidade Católica - PUC-RS em 1990, Professor da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA (1991-1993). Atualmente é professor na UFRGS e atua nas áreas de Construção Civil, Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Térmica, Paisagismo, Agrometeorologia e Controle Ambiental.  
E-mail: [sattler@vortex.ufrgs.br](mailto:sattler@vortex.ufrgs.br)

**Michele de Moraes Sedrez** é arquiteta pela Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. Participou de projetos de pesquisa no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - NORIE, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

**Telissa Frenzel da Rosa** é arquiteta. Participou de projetos de pesquisa no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - NORIE, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

**Márcia Roig Sperb** é engenheira civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (1997). Mestre pela UFRGS na área de Desenvolvimento Sustentável. Atualmente está desenvolvendo uma pesquisa sobre impactos ambientais relacionados a materiais de construção civil. Participou de projetos de pesquisa no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - NORIE, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

# 3.

## Aplicação de tecnologias sustentáveis em um conjunto habitacional de baixa renda

Miguel Aloysio Sattler, Michele de Moraes Sedrez, Telissa Frenzel da Rosa e Márcia Roig Sperb

### Resumo

**E**ste trabalho teve como objetivo a concepção de um centro experimental destinado a demonstrar um conjunto de princípios e tecnologias sustentáveis voltadas à provisão de habitações de interesse social.

Foram desenvolvidos os projetos desse centro, denominado Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS), para a execução de um protótipo (unidade habitacional). Considerando-se os aspectos de sustentabilidade, geração de empregos, níveis adequados de salubridade e educação ambiental, a implantação irá ocorrer em Nova Hartz, município que integra a área metropolitana de Porto Alegre, de onde dista 70 km.

Pretende-se fazer da construção do centro um exercício de aprendizado, tanto para os futuros moradores do CETHS como para estudantes de graduação e pós-graduação, que deverão participar do processo de implantação das demais casas, a serem construídas através de processo de mutirão.

## Introdução

A preocupação com o desenvolvimento sustentável surge após um longo período em que o homem buscou o crescimento, principalmente econômico, a qualquer custo. Os problemas sociais, a degradação do meio ambiente e a escassez de recursos tornaram necessária a discussão de como deve ser encaminhada a questão do desenvolvimento das nações, tendo em vista a manutenção das espécies (inclusive da humana) e o acesso global à qualidade de vida.

Dentro dessas discussões surge a questão da produção das cidades, no que se refere aos impactos relacionados a esse processo e à qualidade de vida que elas proporcionarão aos seus habitantes. Esses impactos atingem o meio ambiente através da ocupação de áreas naturais, prejudicando a manutenção da biodiversidade, da produção de resíduos que contaminam o solo, o ar e os recursos hídricos e do consumo de recursos materiais e energéticos, que muitas vezes não são renováveis.

A qualidade de vida das pessoas é alterada pelo tipo de ambiente em que vivem. Portanto, os impactos citados prejudicam diretamente a vida do homem. E também alguns segmentos da população não usufruem o conforto proporcionado por alguns desses elementos geradores de impactos. Vivem às margens da cidade e em geral não têm acesso a sistemas de infra-estrutura urbana, a equipamentos comunitários e à habitação. Diferentes fontes indicam que entre 5 milhões e 12 milhões de pessoas não têm acesso à habitação no Brasil (SATTLER, 1998).

A partir dessas constatações, o Grupo de Pesquisa em Edificações e Comunidades Sustentáveis do NORIE identificou a necessidade de desenvolver pesquisas que buscassem soluções menos impactantes para a produção de assentamentos e edificações, tendo como foco a habitação para pessoas de baixa renda, a fim de proporcionar maior qualidade de vida para essas populações. O ponto de partida das ações do Grupo foi a realização de um concurso internacional de idéias, que mostrou alternativas emergentes de diversas partes do mundo.

O Concurso Internacional sobre Idéias de Projeto, com o tema “Habitações Sustentáveis para Populações Carentes”, realizado em 1995, foi promovido pela Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ANTAC) e pela Passive and Low Energy Architecture (PLEA). Esse concurso serviu como um indicador de diretrizes de projeto e alternativas tecnológicas compatíveis com os princípios de desenvolvimento sustentável. A partir disso, foi proposta a presente pesquisa com o

objetivo de concretizar as idéias premiadas no concurso, através da implantação de um centro de experimentação, demonstração e educação ambiental.

Esse centro experimental objetiva demonstrar um conjunto de princípios e tecnologias sustentáveis, tais como: (a) a utilização de materiais de construção de baixo impacto ambiental; (b) o gerenciamento de resíduos líquidos e sólidos; (c) o uso de fontes energéticas sustentáveis; e (d) a produção local de alimentos, com a implantação de hortas domésticas e de paisagismo produtivo. Foram também contempladas questões sociais, econômicas e educacionais, consideradas desde a fase de concepção do projeto. Dessa forma, busca-se projetar e implantar um conjunto de edificações habitacionais sustentáveis, utilizando uma infra-estrutura de impacto ambiental mínimo.

Visando à materialização do então chamado Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis (CETHS), foi firmado no ano de 2000 um convênio entre o NORIE/UFRGS e a Prefeitura Municipal de Nova Hartz. Desde então, várias ações têm sido realizadas buscando implantar o CETHS nesse município.

## O município de Nova Hartz

Nova Hartz se caracteriza por ser um município de pequeno porte, com aproximadamente 15.000 habitantes, e localizado na região metropolitana de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, de onde dista aproximadamente 70 km (Figura 1). Possui um a área m unicipal em torno de 60 km<sup>2</sup> e está localizado ao pé de uma serra, abrangendo cotas entre 20 m e 600 m. A beleza natural pode ser vista em vários locais, existindo também diversas nascentes de rios localizadas dentro do município, o que caracteriza uma rica hidrografia.

Apesar de apresentar baixas taxas de desemprego, o município tem alguns problemas quanto à diversidade econômica, já que a economia é baseada predominantemente no setor calçadista. Nesse sentido, é desejável o surgimento de alternativas que apresentem novas possibilidades de geração de renda no município.

Além disso, o município tem problemas de infra-estrutura, pois não possui rede de abastecimento de água, e o tratamento dado aos resíduos cloacais é inadequado. A proposição de tecnologias menos impactantes e de baixo custo para o CETHS poderá inspirar o surgimento de soluções para outras áreas da cidade.



Figura 1 – Localização do município de Nova Hartz

## Primeira etapa do projeto – desenvolvimento do protótipo Alvorada

Ao final de 1997, foi firmado um convênio entre o NORIE/UFRGS e a Prefeitura Municipal de Alvorada (região metropolitana de Porto Alegre/RS) para o desenvolvimento de estudos e pesquisas sobre materiais ecológicos e de baixo custo para moradias populares no referido município. O convênio contou com o patrocínio do Centro Internacional de Investigações para o Desenvolvimento (IDRC), organização não-governamental do Canadá. A partir desse convênio, decidiu-se aproveitar a oportunidade para estender o projeto de pesquisa à construção de um protótipo que consolidaria os princípios e idéias levantados no Concurso Internacional de Idéias.

Salienta-se que o objetivo de construção do protótipo não era o de estabelecer um modelo a ser reproduzido posteriormente em larga escala, mas, sim, uma edificação cuja função principal seria a de testar, no cotidiano das pessoas, alternativas tecnológicas sustentáveis capazes de preservar o meio ambiente e de, simultaneamente, proporcionar bem-estar (COSTA FILHO et al., 2000). Nesse sentido, para a elaboração do protótipo, buscou-se, a partir dos resultados alcançados no Concurso Internacional de Idéias, definir detalhes e especificações aplicáveis à realidade local.

Costa Filho et al. (2000) comentam algumas das diretrizes (Quadro 1) que nortearam a concepção do projeto. Essas diretrizes foram originadas a partir do desdobramento e da compatibilização de temas relativos à produção e ao funcionamento da habitação e à preservação do meio ambiente.

## DIRETRIZES

Considerar toda a disponibilidade de infra-estrutura local.	Priorizar a otimização da capacidade funcional da habitação, transferindo para um segundo momento a questão de custos.
Avaliar as possíveis relações da habitação com seu entorno.	
Evitar a sobrecarga e o desperdício dos serviços públicos disponíveis.	Para a definição do programa de necessidades, considerar a necessidade de existência de compartimentos que abriguem atividades geradoras de renda.
Contribuir para a viabilização de um modo de vida urbana com menor agressão ao meio ambiente.	
Propiciar a análise, a investigação e a simulação de alternativas tecnológicas capazes de melhorar o ambiente construído e otimizar sua capacidade funcional.	Avaliar as tipologias habitacionais já praticadas pela população da região, bem como os materiais de construção produzidos e comercializados na região, com o objetivo de identificar possíveis aspirações e identidades da população em relação à moradia.
Examinar o balanço energético, o consumo de materiais e a geração de resíduos, considerando a produção, manutenção, consumo e demolição da habitação, e a vida útil das diversas alternativas.	Considerar a acessibilidade universal como um requisito de Projeto.
	Desenvolver um projeto flexível, com alternativas para ampliação e remanejamento dos espaços.
Otimizar o processo de produção e consumo, reduzindo desperdícios e restringindo a geração de resíduos aos limites da capacidade de sua reciclagem natural ou tecnológica.	Utilizar materiais e técnicas construtivas simples, passíveis de serem utilizadas em processos de autoconstrução ou construção por ajuda mútua.
Privilegiar a utilização de fontes materiais e energéticas renováveis.	Fazer o projeto com um profundo nível de detalhamento, a fim de evitar improvisos na obra.

Quadro 1 – Diretrizes para o projeto do Protótipo Alvorada (COSTA FILHO et al., 2000)

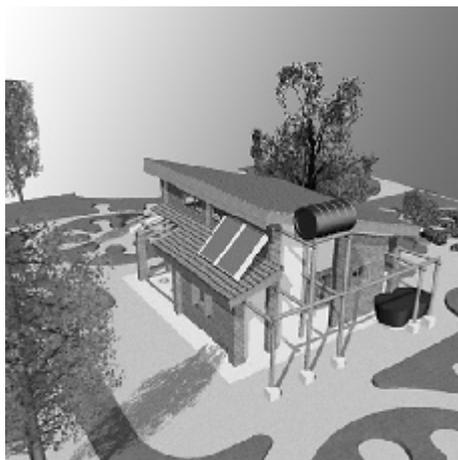


Figura 2 – Vista do Protótipo Alvorada (A)



Figura 3 – Vista do Protótipo Alvorada (B)

## Segunda etapa do projeto – Estudos iniciais para implantação do CETHS

Uma área de 2,7 ha, disponibilizada pela Prefeitura de Nova Hartz, representou o ponto de partida para a implantação do CETHS. Tal área, denominada de gleba 2 (adjacente à gleba 1), localiza-se na zona sul do município, nas proximidades da entrada principal da cidade. Ambas as glebas são de propriedade da Prefeitura Municipal. Porém, enquanto a gleba 1 já possuía projetos de infra-estrutura urbana aprovados, a gleba 2 ainda se encontrava sem nenhum projeto de utilização da área.

Por isso, previu-se, para a gleba 1, a implantação de unidades habitacionais concebidas a partir de princípios sustentáveis, sobre uma infra-estrutura já determinada. No entanto, para a gleba 2, previu-se a implementação de um projeto sustentável completo, ou seja, abrangendo desde aspectos referentes à unidade habitacional

até aspectos relativos a toda a infra-estrutura urbana da área.

O projeto para a gleba 2 deveria considerar também uma via projetada, que futuramente cortará a gleba e será a principal via de acesso ao município de Nova Hartz. Para essa gleba os pesquisadores deveriam propor conjuntos habitacionais que incorporassem o conceito de sustentabilidade e que fossem constituídos de 20 unidades residenciais, centro socioeducacional, manejo/tratamento de resíduos gerados na comunidade, produção local de alimentos, etc. Além disso, as unidades habitacionais adotadas seriam concebidas a partir do protótipo realizado no Projeto Alvorada (SATTLER et al., 2000).

Em junho de 2000, foi realizada uma reunião na qual os pesquisadores apresentaram para a Prefeitura Municipal de Nova Hartz as suas duas propostas de implantação do CETHS na gleba 2 (Figuras 3 e 4). Tendo em vista a riqueza de ambas as propostas, decidiu-se por não escolher tão-somente uma, mas, sim, buscar agregar as características positivas das duas propostas.

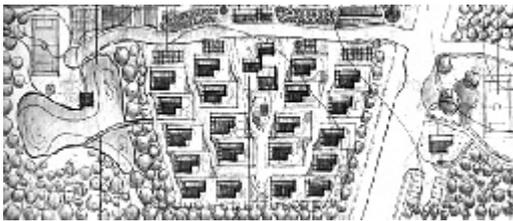


Figura 4 – Proposta A de implantação do CETHS na gleba 2



Figura 5 – Proposta B de implantação do CETHS na gleba 2

Ambas as propostas possuíam algumas características em comum, como, por exemplo:

- a adequação do projeto à geomorfologia e ao clima do sítio;
- a utilização de formas orgânicas, visando a otimizar o uso do espaço e harmonizar o ambiente construído com o ambiente natural;

- a disposição estratégica dos diversos elementos do conjunto habitacional, proporcionando um maior contato entre homem e natureza;
- a disposição do eixo maior da unidade habitacional (Protótipo Alvorada) no sentido leste–oeste, para fins de privilegiar o conforto ambiental das edificações, assim como a captação de energia solar;
- a localização de uma casa experimental e de uma área para estacionamento de visitantes entre as glebas 1 e 2, utilizando a parte da gleba 2 isolada pela via projetada. Esses elementos funcionariam como entreposto, recepção e sede administrativa do CETHS, e o estacionamento diminuiria o fluxo de carros no interior do conjunto habitacional;
- a mínima pavimentação do solo, buscando também priorizar aspectos de acessibilidade universal;
- a criação de um lago aquacultural, considerando a manutenção da característica de banhado da área, podendo ser utilizado tanto para tratamento final dos efluentes gerados na comunidade quanto para atividades de lazer e contemplação da paisagem;
- a localização de uma quadra esportiva entre as glebas 1 e 2, possibilitando uma interação social entre os moradores das glebas;
- a destinação de áreas comunitárias e privadas para produção de alimentos, possibilitando o suprimento de uma parcela das necessidades alimentares a partir do cultivo local, bem como a comercialização de excedentes como uma possível fonte de renda adicional; e
- a utilização de composteira para tratamento de resíduos sólidos orgânicos, associada a minhocário.

Como características específicas da proposta A, representada pela Figura 4, salientam-se as seguintes:

- a compacidade da implantação das habitações, visando à otimização da infraestrutura;
- a criação de lotes que apresentam uma área compatível com uma pequena produção e com outras atividades domésticas, criando áreas comunitárias de produção com o objetivo de otimizar o trabalho;
- o desenho de uma via única de acesso de carros no loteamento, com estacionamentos sombreados por paisagismo produtivo localizados somente ao longo dessa via. As outras vias possuem gabarito compatível com o acesso eventual de veículos por parte dos moradores e serviços imprescindíveis;

- a proposição da maior dimensão do lote no eixo leste–oeste, favorecendo a incidência solar proporcionada pela orientação norte, para permitir o surgimento de um ecossistema rico no lote;
- a formação de barreira vegetal, constituída em parte por vegetação nativa e em parte por frutífera, ao sul-oeste do loteamento, para evitar a incidência de ventos de inverno;
- o acompanhamento da inclinação da via projetada, para otimizar o aproveitamento de espaço;
- a ligação com a gleba 1 através de uma via de acesso de carros e outra via de acesso somente a pedestres;
- a existência de áreas de lazer com diferentes finalidades, uma mais próxima às residências para o lazer e o encontro comunitário cotidiano (rua de lazer), e outra um pouco mais afastada, para um contato maior com a natureza, lazer contemplativo e atividades esportivas e recreativas;
- a existência de um espaço de recreação especialmente destinado ao público infantil que objetiva incentivar a reprodução das idéias e tecnologias utilizadas no CETHS, em uma escala compatível com a compreensão e participação das crianças;
- a utilização de elementos sutis para a separação dos lotes, principalmente cercas com vegetação, com a finalidade de criar um espaço mais contínuo, como um parque, evitando uma ênfase na expressão da propriedade, para priorizar a criação de um ambiente agradável para todos; e
- a utilização de um catavento para bombear água do poço artesiano para o reservatório, assim como para marcar a entrada do CETHS.

Como características específicas da proposta B, representada pela Figura 5, ressaltam-se as seguintes:

- a ênfase na manutenção da área de banhado, incrementando seu papel funcional;
- o desenho de uma via periférica possibilitando o acesso de carros a todos os lotes e ao centro comunitário, estando os estacionamentos localizados somente nas duas entradas do loteamento e no centro comunitário;
- a ligação com a gleba 1 através do prolongamento de suas duas vias de acesso de carros (projeto já existente);
- a localização de um anfiteatro entre as glebas 1 e 2, para reuniões, encontros, teatro, etc., assim como uma cancha de bocha para lazer;

- a existência de *playgrounds* distribuídos em pequenas áreas ao longo da gleba, facilitando o acesso e integrando-se à paisagem;
- a formação de chinampas no lago aquacultural, determinando um aproveitamento das bordas através de configurações de canais e canteiros produtivos, assim como formação de ilhas de bambu funcionando também como quebra-ventos;
- a utilização de biodigestor e leitos de evapotranspiração associados ao lago aquacultural para o tratamento de efluentes líquidos; e
- a localização de taludes junto à via projetada, para redução de ruído de tráfego.

Porém, após uma visita técnica detalhada na gleba 2, constatou-se a impossibilidade de uma implantação habitacional sustentável no local tendo em vista ser esta uma área com características naturais de banhado, cujo ecossistema deve ser primordialmente preservado. Novos rumos, então, foram traçados para a implantação do CETHS. A riqueza de conteúdo das propostas apresentadas para a gleba 2, contudo, representou a base para os novos trabalhos que viriam.

## Terceira etapa do projeto – Gleba 2: proposta final

Partiu-se para o estudo da implantação do CETHS na gleba 1 (2,3 ha), buscando adaptar os projetos de infra-estrutura urbana já existentes a princípios sustentáveis. O desenho urbano e os projetos de rede de água, rede elétrica, esgoto cloacal, esgoto pluvial e pavimentação passaram a ser, então, repensados e reformulados visando ao mínimo impacto ao meio ambiente.

Dessa forma, a previsão inicial para a gleba 1 foi ampliada. Em vez de somente implantar unidades habitacionais sustentáveis, sobre uma infra-estrutura convencional predeterminada, pôde-se estudar novas formas de realizar uma implantação urbana mais sustentável. A possibilidade de adaptar projetos já existentes tornou-se então um desafio a ser alcançado.

Em outubro de 2000, os pesquisadores apresentaram as novas propostas para a Prefeitura de Nova Hartz (Figura 6), dentro do paradigma da sustentabilidade. As mudanças propostas ocorreram nas áreas de:

- desenho urbano;
- gerenciamento dos recursos hídricos, com ênfase no tratamento das águas negras, cinzas e utilização das águas pluviais;

- diretrizes para novos protótipos de habitação;
- agricultura urbana e paisagismo produtivo; e
- uso de fontes de energia.

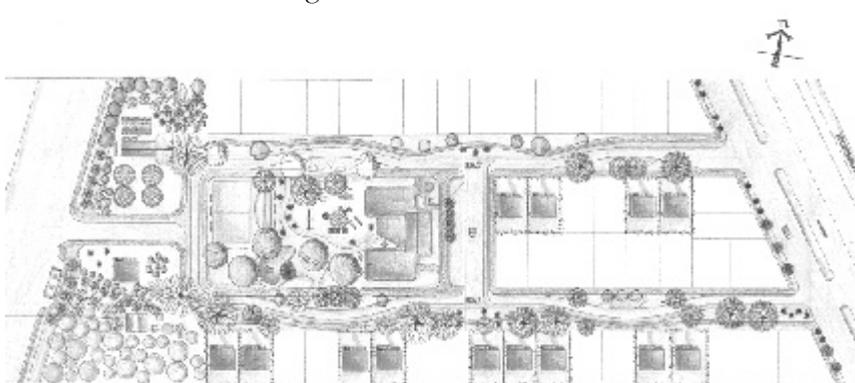


Figura 6 – Proposta de implantação do CETHS na gleba 1

Inicialmente, serão construídas oito unidades habitacionais, com possibilidade posterior de alcançar um total de 49 unidades no mesmo local. Enquanto as primeiras oito unidades a serem construídas possuirão as características morfológicas e funcionais do Protótipo Alvorada, está previsto que para as demais unidades sejam incorporadas novas propostas arquitetônicas (em termos de *layout*, materiais, tecnologias, etc.). A proposta de localização das oito primeiras unidades (Figura 6) buscou possibilitar a concepção posterior de casas geminadas, assim como a implantação em lotes com fachada principal para o norte (devido a características específicas do Protótipo Alvorada).

## Proposta de desenho urbano

A disposição dos terrenos existente na proposta convencional, já aprovada pelos órgãos competentes, não poderia ser modificada. Por isso, as alterações se concentraram nos espaços coletivos. O novo projeto (Figura 7) redistribuiu o percentual de área ocupada considerando cada um dos elementos que compõem o ambiente urbano. Além disso, considerou os sistemas de infra-estrutura como parte integrante da paisagem urbana.

A proposta do projeto buscou a modificação da relação de interação entre os elementos que compõem a paisagem urbana – homem, edifício, automóvel, vegetação, infra-estrutura –, transformando a rua em um lugar que incremente a possibili-

dade de convívio comunitário. Em geral, os loteamentos produzidos privilegiam o automóvel através do gabarito do leito carroçável. Esse fato é determinado, em parte, pela legislação, que determina uma largura mínima de via que, em geral, é excessiva em situações de uso predominantemente residencial.

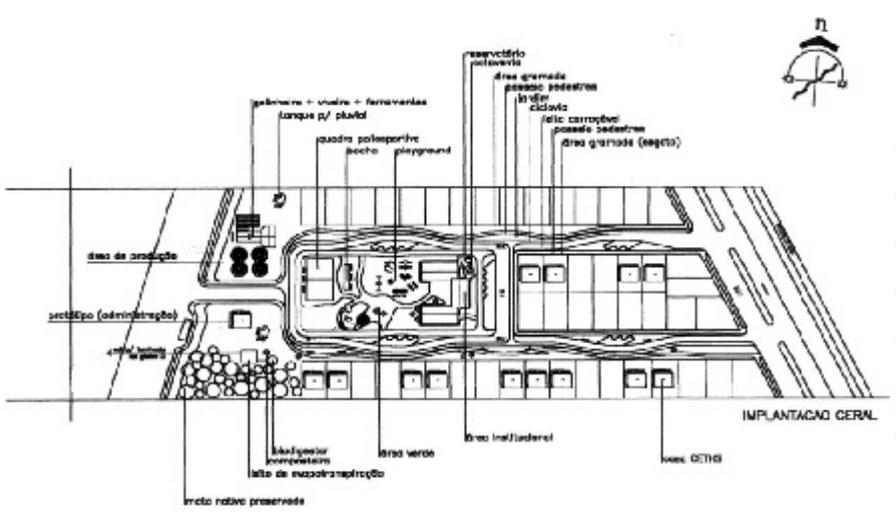


Figura 7 . Proposta de desenho urbano do CETHS

Fonte: Jatahy et al., 2000

A proposta é a de que tanto o pedestre como a relação entre as pessoas sejam a prioridade. Para isso o leito carroçável foi diminuído, ficando com somente um sentido de deslocamento, e recebeu um traçado mais sinuoso. Assim, alargaram-se as calçadas e foi possível a criação de bolsões para a localização de equipamentos urbanos. Como a gleba 2 ficará situada entre duas vias de tráfego intenso (a existente e a projetada), as propostas citadas visaram também à criação de obstáculos à circulação de automóveis, para que o CETHS não se transformasse em uma ligação direta entre essas duas vias. O traçado sinuoso determina uma diminuição na velocidade do veículo e, portanto, os pedestres podem circular com maior tranquilidade. Salienta-se que a diminuição do gabarito foi fundamentada pelo estudo geométrico, que verificou a possibilidade de deslocamento de veículos de grande porte (caminhões, ambulâncias, corpo de bombeiro), utilizando como escape a ciclovia localizada junto ao leito carroçável.

Outra preocupação do projeto é integrar de forma cooperativa os diversos elementos que compõem a paisagem, fazendo com que cada elemento esteja ligado

a mais de uma função, maximizando o aproveitamento dos recursos. O leito carroçável, por exemplo, pode, em certas circunstâncias, participar do escoamento das águas pluviais. A ciclovia atua em conjunto com o leito carroçável, possibilitando o deslocamento de grandes veículos, conforme citado. A interseção desses dois elementos serve como suporte físico para o sistema de coleta de águas da chuva, e este sistema, ao mesmo tempo, evidencia a separação dos dois elementos anteriores (Figura 8).

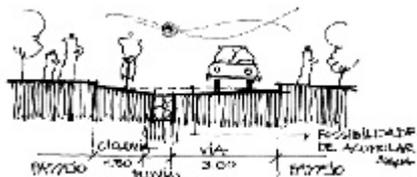


Figura 8 – Seção transversal da via proposta  
Fonte: Jatahy et al., 2000

## Gerenciamento dos recursos hídricos, com ênfase no tratamento das águas negras e das águas cinzas e na utilização da águas pluviais

O abastecimento de água na cidade de Nova Hartz é feito a partir de poços artesianos e, devido à falta de outras opções, essa mesma alternativa deverá ser adotada no CETHS, contando, todavia, com a implantação de um sistema de monitoramento da qualidade da água. O bombeamento de água será feito com um catavento, instalado em conjunto com uma bomba convencional, que será acionada em dias com pouca incidência de ventos.

Os resíduos gerados nas edificações foram classificados de duas maneiras, conforme suas características. Neste trabalho foram consideradas águas negras as águas usadas provenientes dos vasos sanitários, e águas “cinzas” as provenientes das pias, lavatórios e chuveiros.

As águas negras serão tratadas de acordo com as seguintes etapas:

- condução do efluente, através de tubulação, até um biodigestor. Esta tubulação estará localizada na área pública, em uma área não pavimentada dos passeios para pedestres. Visando a facilitar a manutenção, sobre esses canteiros serão plantadas espécies compatíveis com a presença das tubulações; e
- no biodigestor, o efluente gerará três subprodutos: o gás metano a ser utilizado como energético nas áreas comunitárias; o lodo, que, depois de passar por um tratamento anaeróbio, participará de um processo de compostagem, gerando um

adubo a ser utilizado nas áreas de produção coletiva; e, finalmente, um efluente líquido, que será encaminhado a um leito de evapotranspiração.

Segundo Jatahy et al. (2000), o leito de evapotranspiração (Figura 9) constitui-se em um ambiente propício para uma série de bactérias, as quais processam os nutrientes ainda contidos no efluente, permitindo que sejam utilizados pelas plantas do leito de evapotranspiração. Os frutos (distantes do solo) dessas plantas poderão ser utilizados como alimentação para os moradores, como ração para os animais ou enviados para o processo de compostagem.

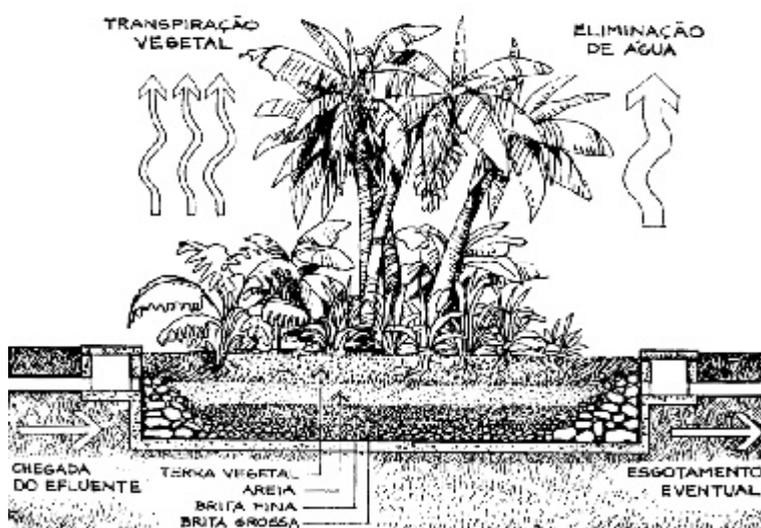


Figura 9 – Funcionamento do leito de evapotranspiração  
Fonte: Mascaró, 1991

As águas cinzas, por sua vez, serão tratadas da seguinte forma:

- em um primeiro momento, são conduzidas para uma caixa de gordura e de decantação primária, existente em cada um dos lotes e constituída por duas partes: uma câmara maior, para onde são conduzidos os efluentes do tanque, lavatório e chuveiro; e outra câmara menor, para onde é conduzida a água proveniente da pia da cozinha. O objetivo dessa caixa é separar os sólidos contidos no efluente;
- e
- a água da pia da cozinha é conduzida a uma caixa de gordura, para a separação da gordura, e depois reconduzida à grande câmara, para eliminar os outros ele-

mentos sólidos. Esse processo é representado pela Figura 10;

- as águas cinzas são então encaminhadas para um tanque de estocagem no próprio lote com capacidade de 400 litros, que tem por objetivo armazenar água para irrigar a horta local, podendo constituir-se também em um elemento amenizador do microclima local; e
- o excedente, não utilizado para irrigação das hortas, será conduzido para a rede pluvial.

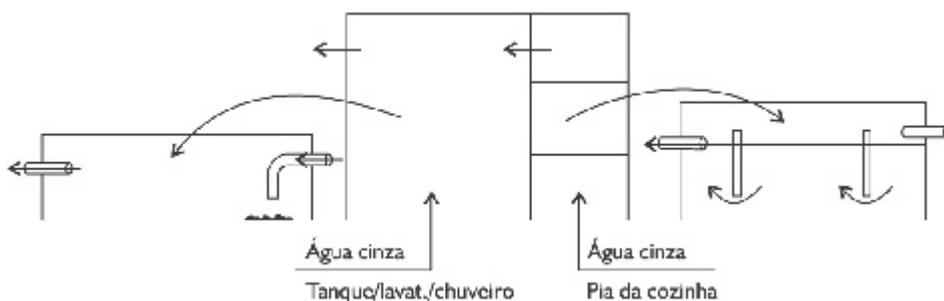


Figura 10 – Esquema de funcionamento da caixa de decantação

Fonte: Jatahy et al., 2000

Quanto à drenagem das águas da chuva, o conceito do projeto propôs a busca por alternativas que determinassem a infiltração local dessas águas, contribuindo, assim, para a manutenção do lençol freático local e evitando o acúmulo de água somente em alguns pontos do loteamento. Nesse sentido, a primeira decisão tomada foi que todas as pavimentações utilizadas possuirão juntas do tipo seca, que permitem a infiltração local das águas.

Nas áreas condominiais, a proposta é que as águas pluviais sejam recolhidas por canal de escoamento localizado entre o leito carroçável e a ciclovia (Figura 11). O leito do pluvial será constituído por um canal revestido por manta geotêxtil, que permitirá a infiltração da água no solo durante o percurso. Será ainda preenchido com pedra de mão, o que garante a manutenção da forma do canal e do nível da superfície em relação ao leito carroçável e à ciclovia, permitindo, ainda, que a água escoe através dos vazios formados. A manta geotêxtil impede que elementos de pequena granulometria penetrem nesses vazios, o que faria com que o canal perdesse sua função.

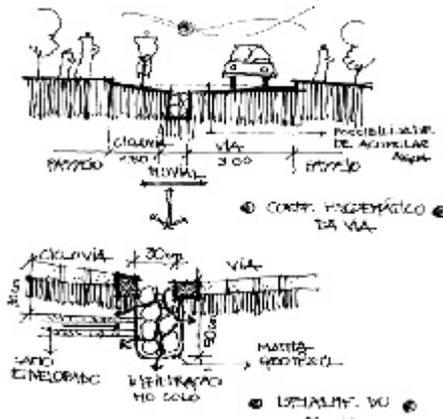


Figura 11 – Perfil da rua e detalhe do sistema pluvial  
Fonte: Jahay et al., 2000

Dentro dos lotes, quando necessário, serão criados dois sentidos de escoamento, implementando uma linha de recolhimento do escoamento superficial no fundo deles, e outra, já citada, na frente, entre a ciclovia e o leito carroçável. A linha de recolhimento no fundo de cada lote constituir-se-á de um canal permeável revestido de solo cimento (traço 1:8), localizado junto à divisa do terreno. Esse canal também permitirá a absorção local das águas ao longo do percurso.

Os dois tipos de canal conduzirão os excedentes não absorvidos localmente para dois pequenos lagos de armazenamento, na área de produção comunitária. Esse recurso será aproveitado para as atividades de produção comunitária. Nas habitações, a água da chuva recolhida no telhado será armazenada em dois tanques e utilizada para a descarga sanitária (Figura 12), podendo o excedente, se houver, ser direcionado para outras atividades.

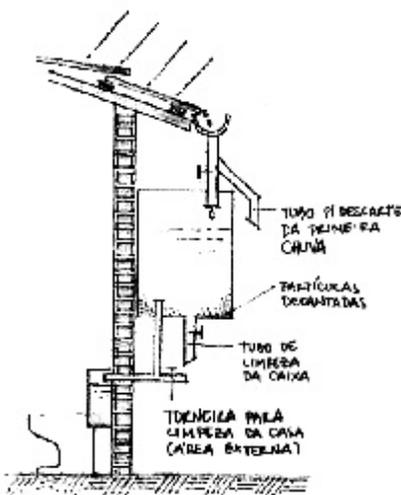


Figura 12 – Sistema de aproveitamento das águas pluviais

## Diretrizes para novos protótipos de habitação

As diretrizes para novos protótipos de habitação, a serem implantados posteriormente no CETHS, foram baseadas no conceito de desenvolvimento sustentável. Segundo Sachs (1993), existem cinco dimensões que devem ser consideradas para o planejamento do desenvolvimento:

- sustentabilidade social: o objetivo é melhorar substancialmente os direitos e as condições de amplas massas de população e reduzir a distância entre os padrões de vida de abastados e não-abastados;
- sustentabilidade econômica: possibilitada pela alocação e gestão mais eficiente dos recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado;
- sustentabilidade ecológica: é alcançada através da intensificação do uso dos recursos potenciais dos vários ecossistemas, proporcionando o menor dano possível aos mesmos, da limitação do uso de recursos não renováveis, da redução do volume de resíduos e de poluição, do estabelecimento de limites de consumo para países ricos, da intensificação da pesquisa de tecnologias limpas e da proposição de regras para a proteção ambiental, definindo instrumentos econômicos, legais e administrativos necessários para o cumprimento dessas regras;
- sustentabilidade espacial: é voltada a uma configuração rural-urbana mais equilibrada e a uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas, buscando a diminuição das concentrações excessivas nas áreas metropolitanas e da destruição dos ecossistemas, a promoção da agricultura regenerativa e da industrialização descentralizada e, ainda, o estabelecimento de uma rede de reservas naturais e de biosfera para proteger a biodiversidade; e
- sustentabilidade cultural: é alcançada através da tradução do conceito normativo de ecodesenvolvimento em uma pluralidade de soluções particulares que respeitem as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local.

A definição de diretrizes para os futuros projetos de habitações do CETHS constitui-se de uma análise que visa a verificar de que forma a produção das habitações em Nova Hartz pode contribuir para o desenvolvimento das cinco dimensões da sustentabilidade propostas por Sachs (1993). Com isso, pretende-se criar soluções saudáveis e confortáveis de habitações, a um preço acessível, com um impacto ambiental minimizado (SATLLER, 1998).

A sustentabilidade social será buscada através de habitações que proporcionem qualidade de vida, oferecendo às populações de baixa renda a possibilidade de viver dignamente. A disponibilidade reduzida de recursos deve ser considerada. Todavia, o objetivo do projeto deve ser a produção de habitações que ofereçam bem-estar ao morador e não a produção da habitação de menor custo.

A sustentabilidade econômica do processo de produção das edificações está relacionada a iniciativas que busquem a redução dos custos delas e a geração de renda localmente. As iniciativas propostas são:

- utilização de materiais locais que não determinam custos elevados relativos ao transporte e que geram empregos na região de Nova Hartz;
- produção de projetos sob os princípios da coordenação modular que possibilitem a adoção de sistemas de construção otimizados e a diminuição das perdas de material por perdas de quebra; e
- utilização da mão-de-obra dos futuros moradores, que podem ser beneficiados com a aprendizagem de um ofício e que, além disso, podem ficar mais comprometidos com o projeto, favorecendo, assim, o êxito social do empreendimento.

A sustentabilidade ecológica das habitações pode ser alcançada através da:

- escolha responsável dos materiais e sistemas construtivos, considerando os impactos relacionados a essas escolhas;
- otimização do desempenho energético na fase de uso da edificação, principalmente com o uso de sistemas passivos de condicionamento ambiental e do aproveitamento de formas de energia disponíveis e limpas; e
- escolha do tipo de implantação, considerando a topografia e os ecossistemas existentes no local, devendo a edificação se integrar a estes.

A sustentabilidade espacial é definida pelo tipo arquitetônico proposto, que deverá apresentar as seguintes características:

- compactidade, já que a disponibilidade de terreno é limitada, e assim uma maior área fica liberada para a produção de alimentos;
- flexibilidade, o que permite uma maior adequação às necessidades funcionais dos usuários e tende a determinar diversidade na composição do ambiente urbano; e
- utilização de uma solução formal que não gere conflitos entre os moradores, o que causaria a dispersão da comunidade.

A sustentabilidade cultural deverá ser buscada de duas formas:

- identificação dos elementos da edificação que fazem parte da “memória afetiva” da comunidade; e
- identificação de espaços da edificação que são suportes a atividades e comportamentos típicos dessas comunidades, devendo tais espaços receber maior atenção no projeto.

## Projeto de agricultura urbana e paisagismo produtivo

Segundo Tomasini et al. (2000), os cultivos agrícolas nas cidades apresentam uma série de características convergentes com os princípios do desenvolvimento sustentável. Entre essas características destacam-se (TOMASINI et al., 2000):

- a produção é consumida diretamente por quem cultiva ou então por mercados próximos, diminuindo os gastos com transporte (e o conseqüente consumo de combustíveis fósseis) e as perdas por deterioração;
- as técnicas regenerativas de produção são facilmente adaptadas para a agricultura urbana, visto que tal agricultura quase sempre é intensiva e faz pouco uso de químicos ou maquinário pesado;
- esse tipo de produção pode fazer parte de sistemas regenerativos maiores, utilizando fontes urbanas de recursos, como a água reciclada, o esgoto e o lixo orgânico doméstico;
- a agricultura urbana pode fornecer empregos de tempo parcial e temporário para os desempregados e subempregados urbanos;
- a agricultura urbana pode se beneficiar do efeito de “ilhas de calor” que ocorre nas grandes cidades, o que pode determinar estações maiores de crescimento para as plantas;
- a possível amenização das amplitudes térmicas nas cidades;
- a redução da impermeabilização do solo;
- o embelezamento da cidade;
- a garantia do consumo de alimentos saudáveis livres de defensivos químicos;
- a amenização do estresse urbano através do contato com a terra; e
- o benefício cultural e educativo advindo do resgate, conservação e transmissão de valores e conhecimentos ligados à terra e à produção de alimentos para as gerações posteriores.

A proposta para o CETHS prevê a implantação de um sistema de produção de alimentos em dois níveis distintos mas complementares: produção individual nos lotes, e produção coletiva em áreas de uso comum. O conceito proposto baseia-se principalmente em dois princípios da permacultura<sup>1</sup>:

- cada elemento do sistema deve executar muitas funções;
- cada função importante é apoiada por muitos elementos (MOLLISON; SLAY, 1998).

Com isso, espera-se que a vegetação possa agregar o maior número de funções possível, bem como estar articulada com os demais elementos do projeto CETHS. A partir daí os objetivos a serem alcançados pela proposta de paisagismo para o loteamento são os seguintes:

- função produtiva, dando ênfase aos produtos ou subprodutos que as espécies possam gerar e que possam ser utilizados de forma direta pelos moradores do CETHS (consumo direto e produção de alimentos elaborados), pelas criações de animais (convertendo produtos vegetais em proteína animal) e pela fauna nativa, ou que possam ser utilizados como biomassa, ou reintroduzidos nos ciclos através de compostos orgânicos;
- função pedagógica, introduzindo uma forma participativa na decisão de quais espécies serão utilizadas e propiciando aos moradores o conhecimento sobre o que estão plantando, para que estão plantando e para que serve aquilo que estão plantando, tanto em relação ao meio ambiente como em relação à sua própria alimentação e saúde;
- função térmica (Figura 13), utilizando a vegetação para melhorar as condições térmicas tanto das habitações quanto das áreas de convívio e de circulação. A título de exemplo, propõe-se que árvores de grande e médio portes sejam utilizadas nos passeios localizados na face norte dos lotes, visando ao sombreamento das habitações no verão, com a preocupação de que essas árvores sejam caducifólias para permitir a passagem dos raios solares no inverno, junto à habitação. Propõe-se, ainda, a utilização de trepadeiras caducifólias e frutíferas em pergolados localizados junto à fachada oeste, também com a finalidade de sombreamento no verão e insolação no inverno; e

<sup>1</sup> Permacultura é um sistema de design para a criação de ambientes humanos sustentáveis. Em um primeiro nível, lida com as plantas, animais, edificações e infra-estruturas (água, energia, comunicações). Todavia, a permacultura não trata somente desses elementos, mas, principalmente, dos relacionamentos que podemos criar entre eles por meio da forma em que os colocamos no terreno (MOLLISON; SLAY, 1998).

- função de incremento do bem-estar psicológico, pois se sabe que o uso bem planejado da vegetação pode produzir efeitos benéficos sobre a saúde psicológica das pessoas, transmitindo sensações de tranqüilidade e relaxamento. Em vista disso, o projeto preocupa-se com a vegetação na maior parte dos espaços disponíveis e com as qualidades estéticas da composição da paisagem.



Figura 13 – Utilização de vegetação caducifólia para redução da incidência de radiação no verão

Em relação ao último objetivo discutido, será considerado não somente o aspecto visual como a exploração de características da vegetação relacionadas a outros sentidos humanos, tais como o paladar, o tato e o olfato. Assim, procuram-se também ambientes que estimulem o “experenciamento” da vegetação, seja através de cores, formas e texturas de plantas, seja através de oportunidades de saborear os seus frutos ou de sentir o perfume que exalam.

Tendo em vista os objetivos citados, descrevem-se a seguir algumas soluções propostas para o projeto CETHS quanto aos lotes, passeios, área de produção coletiva e de recreação.

A proposta para os lotes, discutida por Tomasini et al. (2000), consiste na introdução de uma série de possibilidades produtivas inspiradas na permacultura (MOLLISON; SLAY, 1998), adaptáveis a pequenos jardins urbanos, entre as quais:

- horta permacultural, que consiste de uma horta que utiliza um *design* racional, na qual as espécies são dispostas de acordo com o seu porte e necessidade de manejo e onde há uma preocupação com princípios de ergonomia, ao facilitar o acesso aos canteiros para operações de plantio, manutenção e colheita;
- espiral de ervas, que consiste de um canteiro para o cultivo de ervas medicinais e temperos para a cozinha. Esse canteiro possui o formato de uma espiral ascendente, onde as espécies são cultivadas de acordo com a necessidade de luz e de água (espécies mais exigentes de luz e drenagem do solo são plantadas em posição mais acima da espiral, onde a iluminação direta é maior e onde o solo é mais bem drenado); e

- galinheiro móvel, que consiste de um pequeno galinheiro que pode ser deslocado facilmente sobre o solo, fornecendo à população ovos e carne e ainda proporcionando o efeito chamado de “trato galinha”, que consiste da aragem do solo provocada pelo hábito de ciscar da galinha e da fertilização do solo com o esterco que a ave produz.

Propõe-se também para os lotes o cultivo de arbustos e árvores frutíferas de pequeno porte (nativas ou exóticas), o cultivo das cercas de divisa entre os terrenos e sobre pergolados junto a casa com trepadeiras produtivas. O projeto CETHS prevê, ainda, a reciclagem do lixo orgânico doméstico através da compostagem e aplicação nos cultivos realizados nos próprios lotes.

O desenho urbano do CETHS prevê a criação de áreas de convívio (Figura 14) junto aos passeios localizados em frente aos lotes. Esse desenho possibilita a implantação de três níveis distintos de vegetação: árvores, arbustos e herbáceas.



Figura 14 – Paisagem do CETHS

62

Em relação à escolha das espécies arbóreas, a ordem de prioridade proposta foi: espécies nativas regionais; espécies frutíferas nativas do RS úteis à alimentação humana; espécies frutíferas nativas do RS úteis à alimentação da fauna; espécies nativas do RS de uso medicinal; espécies com floração ou demais atributos ornamentais.

Os critérios para seleção das espécies arbustivas e herbáceas a serem implantadas nos canteiros existentes em ambos os lados das vias diferenciam-se daqueles utilizados para arborização, uma vez que enfatizam muito mais as questões produtivas e ornamentais. Esses espaços procuram conjugar produção e ornamentação atra-

vés da priorização do uso de espécies produtivas de alimentos, de uso medicinal, aromáticas, de floração ornamental, melíferas, atrativas para beija-flores, atrativas para borboletas, entre outras características. Destaca-se ainda aqui a priorização de espécies que possuam ciclo perene e que sejam pouco exigentes em manejo. Essas áreas poderão vir com o tempo a se tornarem áreas de produção coletiva, onde os moradores poderão se responsabilizar pelo plantio e manutenção da vegetação em frente aos seus lotes

Conforme descrito por Tomasini et al. (2000), o projeto CETHS prevê a existência de uma área específica para a produção coletiva de alimentos. Segundo esses autores, a forma de administração das atividades nesse local deverá ser decidida pela própria comunidade, com o suporte de um trabalho na área social a ser desenvolvido pela prefeitura de Nova Hartz. A idéia lançada pelo projeto é que a produção dessas áreas se destine ao abastecimento direto das famílias habitantes do CETHS, ao abastecimento do centro comunitário e da creche e à comercialização dos excedentes como complemento à renda da comunidade.

As técnicas de cultivo a serem empregadas serão baseadas nas filosofias de produção ligadas ao paradigma da agricultura sustentável, ou seja, aproveitando recursos locais (como emprego da mão-de-obra local), utilizando adubação orgânica (composto orgânico proveniente de resíduos oriundos de podas e limpeza de áreas coletivas e do lixo orgânico do centro comunitário e creche), valorizando a biodiversidade (policulturas), promovendo a interação entre criações animais e cultivos vegetais (alimentando os animais com as sobras da produção vegetal e fertilizando os cultivos vegetais com o esterco dos animais), utilizando técnicas de controle de pragas e doenças sem a aplicação de defensivos químicos (através do uso de inseticidas e fungicidas biológicos, controle biológico, alelopatia, rotação de culturas, etc.), entre outros aspectos.

O projeto do loteamento prevê também a existência de uma área para recreação, localizada junto ao centro comunitário e a uma creche. Quanto à definição da proposta de paisagismo, foram priorizadas as questões sociais e recreativas da comunidade em detrimento das atividades produtivas. Serão empregados, também neste espaço, os três níveis de vegetação mencionados anteriormente, procurando conjugar critérios semelhantes de seleção, porém com maior ênfase nas qualidades ornamentais das espécies. Sempre que possível, no entanto, espécies produtivas também serão empregadas, desde que não sejam exigentes em manutenção e não entrem em conflito com as funções de lazer dessa área.

## Uso de recursos energéticos

É prevista a instalação progressiva de sistemas alternativos de obtenção de energia, por causa dos custos iniciais de algumas dessas tecnologias, que impossibilitam a instalação imediata delas. Entre essas alternativas destaca-se o uso de fotocélulas e de turbinas eólicas para a geração de energia elétrica.

Algumas outras alternativas, todavia, já foram detalhadas nas etapas de projeto realizadas:

- o uso de energia solar para o aquecimento de água, por meio de painéis dispostos na cobertura;
- o uso de um fogão a lenha (Figura 15), onde o energético é aproveitado para a cocção de alimentos, para o aquecimento do ambiente e de água para banho. Além disso, a lenha é um recurso renovável que pode ser proveniente de florestas corretamente manejadas, o que determina baixos impactos ambientais; e
- o uso de um cata-vento, para apoiar as atividades de bombeamento de água.

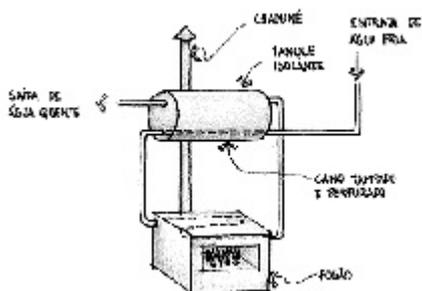


Figura 15 – Fogão a lenha

Além disso, o local potencial de geração de energia elétrica através do uso de turbinas eólicas vem sendo analisado a partir de uma pesquisa realizada em parceria com a Companhia Estadual de Energia Elétrica. Espera-se que, com a implementação do projeto inicial do CETHS, outras parcerias surjam para verificar a utilização de certas formas alternativas de obtenção de energia elétrica e de demonstrar essas tecnologias aos visitantes do CETHS.

## Considerações finais

Este artigo descreveu o projeto do Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis em seus diversos aspectos. Em 25 de agosto de 2001, foi

iniciada a construção das oito primeiras unidades habitacionais do CETHS, em Nova Hartz, a partir de um processo licitatório realizado pela Prefeitura Municipal (Figura 16). Enquanto isso, os projetos para a infra-estrutura urbana na gleba 1, referentes a implantação, pavimentação, iluminação pública, rede de água, esgoto cloacal e esgoto pluvial, estão em processo de detalhamento e aprovação na Fundação de Proteção ao Meio Ambiente do Estado e na Secretaria de Habitação do Estado.



Figura 16 – Estágio de implantação do CETHS, em Nova Hartz (23/10/2001)

Na gleba 2, adjacente à gleba 1, pretende-se implantar uma nova área de demonstração, ligada a práticas agrícolas sustentáveis, para produção ecológica de alimentos para a comunidade do CETHS, assim como para a população de Nova Hartz (colha-e-pague) e também para demonstração e educação. As últimas atividades realizadas dizem respeito ao processo de aprovação do projeto. Essa experiência tem explicitado as dificuldades para a aprovação de projetos com características inovadoras, mesmo que as iniciativas estejam baseadas em experiências anteriores bem-sucedidas e que os resultados do uso dessas novas tecnologias causem menores impactos ambientais. Espera-se, contudo, que o CETHS represente no futuro um referencial para o processo de projeto e implantação de conjuntos habitacionais. Para que isso aconteça, relatórios de acompanhamento do CETHS/Nova Hartz, desde a fase de concepção das propostas, estão sendo elaborados. Dessa forma, através do registro de todo o processo, torna-se possível a capacitação e o aperfeiçoamento de estudantes e profissionais vinculados ao projeto e à implantação de assentamentos habitacionais, assim como a troca de experiências com municipalidades, universidades e demais instituições interessadas.

## Referências bibliográficas

COSTA FILHO, A.; BONIN, L. C.; SATTLER, M. A. Tecnologias sustentáveis em habitações destinadas à população de baixa renda. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., Salvador, 2000. **Anais...** v. 1.

JATAHY, C. C. et al. **Gerenciamento sustentável dos resíduos para o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis – Nova Hartz/RS.** (Artigo produzido na Disciplina Projetos Regenerativo, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, nov. 2000. Artigo não publicado.

MASCARÓ, Juan Luis. **Manual de loteamentos e urbanização.** Porto Alegre: Sagra – DC Luzzatto, 1994.

MOLLISON, Bill; MIA SLAY, Renny. **Introdução a permacultura.** (Projeto Novas Fronteiras da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável), Brasília: PNFC, 1998.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI:** desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel/Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1993.

SATTLER, M. A. A centre for sustainable housing technologies in Brazil. In: CIB – WORLD BUILDING CONGRESS, Gavle, KTH, 1998. **Anais...** p. 2331-2338.

SATTLER, M. A.; FILHO, A. C.; BONIN, L. C. A low cost sustainable house. In: PLEA 2000 - THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 16., Cambridge, UK, 2000. **Anais...** p. 187-191.

TOMASINI, S. L. V.; HAAS, M. C.; SATTTLER, M. A. **Agricultura urbana e paisagismo produtivo:** uma proposta para o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis no município de Nova Hartz/RS. (Artigo produzido na Disciplina Projetos Regenerativo, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, nov. 2000. Artigo não publicado.



**José Mario Doleys Soares** é engenheiro civil pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (1981). Mestre (1985) e doutor (1997) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Foi professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Região das Missões no período de 1984 a 1989. Atualmente é professor do Departamento de Transportes da UFSM em regime de dedicação exclusiva. Chefe do setor de solos do Laboratório de Materiais de Construção Civil e atua nas áreas de Mecânica dos Solos, Fundações e Escavações, Materiais e Componentes de Construção e Estrutura do Concreto.  
E-mail: [jmario@ct.ufsm.br](mailto:jmario@ct.ufsm.br)

**Marcus Daniel Friederich dos Santos** é engenheiro civil (1995) e mestre (1998) na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Em doutoramento pela UFRGS sob orientação do Dr. Hélio A. Greven. 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)

**Lisiane Poletto** é pedagoga pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS e atua na área da Educação.

# 4.

## Habitações de caráter social com a utilização de bloco cerâmico

José Mario Doleys Soares, Marcus Daniel Friederich dos Santos e Lisiane Poletto

### Resumo

O presente estudo tem como objetivo desenvolver alternativas tipológicas de habitação de caráter social com blocos cerâmicos, a partir de sistemas construtivos racionalizados, associando habitabilidade, rapidez de construção e baixos custos de produção.

Foi realizado inicialmente um estudo detalhado sobre o tema habitação, enfocando os problemas habitacionais e as iniciativas adotadas pelo Poder Público, assim como sobre as condicionantes socioculturais, ambientais e de custos. Foi também montado um banco de dados com os dados coletados e analisados, para a determinação das tipologias regionais adequadas ao sistema construtivo desenvolvido em bloco cerâmico estrutural, de acordo com as características da região. Quatro tipologias foram selecionadas para a aplicação e ensaio de processos construtivos racionalizados, envolvendo fatores de habitabilidade, econômicos e técnicos. Foram produzidos manuais com vistas a padronizar e a facilitar a construção das habitações propostas.

## Introdução

O déficit habitacional é uma questão preocupante e de grande amplitude em nosso país. Uma grande parcela da população vive em submoradias. A redução da capacidade de atendimento da demanda, por parte de programas habitacionais, tende a agravar essa situação, já calamitosa.

Segundo um estudo da Fundação João Pinheiro, citado por Concílio (1998), o déficit habitacional brasileiro projetado para 1995 era de cerca de 5,6 milhões de moradias. Esse mesmo estudo indicou que o número de moradias que precisam receber melhorias é da ordem de 13 milhões. O déficit habitacional se apresenta como um dos principais problemas urbanos e está relacionado diretamente à população de baixa renda.

Abiko (1996) cita os seguintes fatores que dificultam o acesso das famílias de baixa renda à habitação:

- (a) a crise econômica, que gera desemprego e diminuição da renda;
- (b) ausência de políticas públicas para a habitação social;
- (c) a indisponibilidade física e financeira de terrenos adequados a esse fim;
- (d) os custos e a qualidade dos materiais de construção.

Esses fatores contribuem para o aumento do número de favelas, cortiços e casas precárias de periferias, o que é verificado nas grandes cidades brasileiras (CONCÍLIO, 1998).

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 à utilização de mão-de-obra da comunidade. Tal 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 para as populações de baixa renda deve ser um esforço conjunto dos órgãos governamentais nas três esferas, centros de pesquisa e sociedade em geral.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), com o patrocínio da FINEP, produziu um Catálogo de Processos e Sistemas Construtivos

para Habitação (ZENHA et al., 1998), no qual foram sistematizadas informações de 25 casos de processos construtivos.

Diversos autores e empresas vêm desenvolvendo estudos sobre materiais, componentes e técnicas construtivas visando à aplicação em habitações de caráter social. Pode-se destacar os estudos realizados por Lopes e Ino (2000), Costa Filho et al. (2000), Soares et al. (2000), Pereira et al. (2000) e Mitidieri (1998), assim como o esforço realizado por empresas como USIMINAS, GERDAU e COSIPA (TÉCHNE, 2001).

Uma proposta para o debate sobre a qualidade de habitação popular, a ser destacada, foi apresentada pelo IPT no Relatório Técnico 33.800, sob o título “Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social”. A avaliação do desempenho, segundo esse documento, está centrada em seis exigências: desempenho estrutural, estanqueidade à água, segurança ao fogo, conforto térmico, conforto acústico e durabilidade.

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de tipologias de habitação de interesse social adequadas ao Estado do Rio Grande do Sul, utilizando o bloco cerâmico estrutural, com características de modulação e racionalização. As cinco tipologias selecionadas foram analisadas e envolvem fatores de habitabilidade, econômicos e técnicos.

Neste artigo são abordados os seguintes itens:

- (a) o processo histórico de ocupação do território gaúcho e redes de cidades e os sistemas urbanos atuais;
- (b) caracterização dos conjuntos habitacionais das principais cidades do Rio Grande do Sul;
- (c) desenvolvimento de propostas tipológicas de habitações de caráter social;
- (d) desenvolvimento de sistema construtivo racionalizado para produção de habitações de caráter social e confecção de manuais de construção; e
- (e) construção de protótipos das tipologias desenvolvidas.

## O processo histórico de ocupação do território gaúcho

Para que se possa entender a atual configuração da rede urbana gaúcha, com suas diferenciações, é decisivo partir dos antecedentes históricos que formaram as três macrorregiões do Estado: Sul, Nordeste e Norte.

A apropriação do território ocorreu em várias etapas. As reduções jesuíticas, fundadas por jesuítas espanhóis, foram os primeiros núcleos estáveis no espaço gaúcho, a partir de 1626 (região Noroeste do Estado). O gado oriundo destas reduções, espalhando-se pelos campos gaúchos, originou o ciclo do charque, elemento responsável pela prosperidade do Sul. O sul do Estado constituiu-se, nesta fase, no pólo dinâmico da economia riograndense, como fornecedor de charque ao centro do país. Como resultado desse processo de ocupação e desenvolvimento econômico, a macrorregião Sul caracterizava-se pela concentração de renda e da propriedade e pela existência de um pequeno número de aglomerados, que deram origem às principais cidades atuais.

A vinda de açorianos, a partir de 1752, originou as primeiras “pequenas” propriedades rurais e inúmeros núcleos urbanos.

A formação da macrorregião Nordeste foi influenciada, principalmente, pelo processo de assentamento de imigrações européias alemã (1824) e italiana (1875). O surgimento das primeiras atividades industriais tornou essa região a mais dinâmica do Estado, com acúmulo de economia e crescente urbanização. Com expansão crescente, o Nordeste afirma-se, hoje, como a região industrial mais importante do Estado.

Nas últimas décadas, o Estado acelerou seu crescimento urbano, ocasionado principalmente pela redução de mão-de-obra dedicada à agricultura e pelo seu deslocamento para as atividades secundárias e terciárias, provocando migração do campo para a cidade. Atualmente, a maioria da população gaúcha (78%) vive em zonas urbanas, e as estimativas indicam um aumento desse percentual. A ocupação do território riograndense explica, em parte, as diferenças de distribuição da população. No Sul, ela está predominantemente nas cidades de porte médio, onde se concentram mais de 75% dos habitantes, refletindo a atividade extensiva das grandes propriedades que criaram espaços rarefeitos. Nas regiões de pequena propriedade, em especial no Norte do Estado, o grande parcelamento da terra gerou uma estrutura político-administrativa mais pulverizada, com pequenas sedes de município, onde a maior parte da população vive no meio rural, atingindo em alguns municípios taxas superiores de 75%. Essa distribuição fundiária resulta em maior densidade demográfica, em contraposição ao Sul.

O processo emancipatório no Estado também provocou mudanças territoriais e no perfil da rede urbana gaúcha. Até 1982 existiam 232 municípios. Atualmente, são 497. Os novos municípios, na sua maioria, foram criados nas macrorregiões Norte e Nordeste, o que resultou em municípios pequenos, tanto em população quanto em área.

O maior destaque na hierarquia da rede de cidades e na articulação do sistema urbano do Estado é, sem dúvida, a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), uma das 13 metrópoles do país. A RMPA polariza o território gaúcho e os fluxos que se estabelecem entre as diferentes regiões. Além disso, ela está articulada com o sistema formado pelas metrópoles brasileiras e estrategicamente posicionada em relação às demais capitais do Mercosul. Estruturam-se, assim, outros eixos que ligam Porto Alegre às cidades de Caxias do Sul, Pelotas/Rio Grande, Passo Fundo, Santa Cruz do Sul e Santa Maria, além do agrupamento de cidades da fronteira. Dessa forma, o Rio Grande do Sul possui uma rede urbana bem constituída, composta pela Região Metropolitana de Porto Alegre, por um número de cidades médias e muitos aglomerados urbanos pequenos.

### **Caracterização dos conjuntos habitacionais do Rio Grande do Sul**

A análise crítica das ações na área habitacional permite identificar uma série de problemas relacionados a aspectos tecnológicos, entre os quais se podem destacar os seguintes: desconhecimento da realidade urbana local; desprezo pela qualidade ambiental, urbanística e desempenho arquitetônico dos projetos; baixa qualidade e falta de empenho na fixação de normas e padrões de compatibilidade e desempenho de materiais e componentes de construção (MARICATO, 1996).

Objetivando conhecer a realidade dos conjuntos habitacionais do Rio Grande do Sul e captar a opinião dos moradores para servir de ponto de partida para o desenvolvimento de propostas de habitações de interesse social, foi elaborado um questionário composto de 49 itens. O instrumento permitiu levantar dados referentes às características gerais dos conjuntos habitacionais analisados, como: (a) sua localização relativa ao centro da cidade; (b) tipologias habitacionais encontradas; (c) presença de equipamentos urbanos básicos e características de cada lote no que se refere às dimensões, drenagem e topografia.

Além disso, procurou-se caracterizar a edificação quanto aos aspectos como área, tipologia, uso, idade, sistema construtivo, informações gerais sobre os compartimentos tais como revestimentos empregados no piso e nas paredes, patologias, alterações efetuadas nos imóveis e bens da família. Verificaram-se, também, aspectos de conforto ambiental, no que se refere a orientação solar, conforto térmico, ventilação e iluminação dos ambientes. Nos itens finais do questionário, os moradores expressavam suas preferências quanto ao tamanho dos compartimentos e tipologias da habitação.

O critério de aplicação do questionário teve como base as sete regiões do Estado, das quais foram escolhidas duas cidades de cada (exceto em duas regiões, onde se escolheu apenas uma cidade de cada), tendo em vista o Produto Interno Bruto (PIB) e sua população. De cada cidade selecionada escolheram-se dois conjuntos habitacionais que foram vistoriados, sendo entrevistados dez moradores por con-

	Itens	Resultados	
Informações Preliminares	1 - Localização relativa ao centro	Distante - 57%	Próxima - 38%
	2 - Unidades habitacionais no conjunto	Até 300 - 68%	De 300 a 1.000 - 13,6%
	3 - Tipologias	Casa isolada - 57%	Sobrado em fita - 12%
	4 - Acessibilidade a serviços básicos	Bom - 67,2%	Bom - 14%
	5 - Infra-estrutura urbana	Policimento - 50%	C. Comunitário - 50%
	6 - Esgoto	Fossa - Sumidouro - 35%	Fossa - 30%
	7 - Pavimentação das ruas	Sabro - 45%	Paralelepípedo - 28%
	8 - Passeio público	Sem - 53%	Com - 47%
Características do Lote	9 - Dimensões da testada	10 m - 50%	Menos de 7 m - 17%
	10 - Dimensões da profundidade	10 a 20 m - 60%	21 a 25 m - 25%
	11 - Drenagem	Seca - 64%	Único - 36%
	12 - Topografia	Plano - 70%	Acidentado - 30%
	13 - Inclinação do terreno	Longitudinal	Transversal
	14 - Nível do terreno em relação à rua	Mesmo nível - 70%	Declive - 22%
	15 - Proteção do terreno	Murado - 45%	Cercado - 35%
	16 - Lote de esquina	20%	-
Características da Unidade Habitacional	17 - Idade da construção	11 anos - 48%	2 anos - 21%
	18 - Sistema construtivo	Alvenaria - 90%	Outros - 10%
	19 - Número de dormitórios	2 dorm. - 48%	3 dorm. - 27%
	20 - Sala de estar e cozinha conjugadas	Sim - 62%	Não - 38%
	21 - Sala de estar, cozinha e quarto conjugados	Sim - 86%	Não - 16%
	22 - Sanitários	Interno - 99%	Externo - 1%
	23 - Equipamentos sanitários recebidos	Lavatório + Bacia - 99%	Chuveiro - 70%
	24 - Outros compartimentos	Área de serviço - 50%	Garagem - 23%
	25 - Localização da garagem	Não tem - 70%	Lateral - 18%
	26 - Localização da churrasqueira	Não possui - 80%	AS/Garagem - 15%

Quadro 1 – Itens do questionário e principais resultados

junto, resultando em um total de 240 questionários respondidos. A Figura 1 apresenta a localização dos locais pesquisados. A análise detalhada das vistorias e respostas ao questionário resultou em importante conteúdo, incluindo 49 gráficos, que, por questão de espaço, não são apresentados neste artigo. O Quadro 1 apresenta de forma sintética os principais resultados obtidos com o questionário. Assim, os somatórios não necessariamente têm fechamento em 100%.

Itens		Resultados	
Características da Unidade Habitacional	27 - Revestimento do piso (salar íntimo)	Máquina - 39%	Cimento Alisado - 19%
	28 - Revestimento do piso (salar de serviço)	Cerâmica - 49%	Cimento alisado - 19%
	29 - Revestimento das paredes (externo)	Reboco - 82%	À vista - 18%
	30 - Forro	Madeira - 56%	Taça - 17%
	31 - Cobertura	Fibrocimento - 80%	Telha - 17%
	32 - Beira	0 a 20 cm - 26%	30 a 40 cm - 38%
	33 - Escadarias	Metalica - 77%	Madeira - 20%
	34 - Pintura das paredes	Interna e externa - 82%	Sem pintura - 18%
	35 - Conservação da pintura	Boa - 53%	Razoável - 34%
	36 - Estado de conservação da habitação	Bom - 54%	Muito bom - 20%
	37 - Patologias	Fissuras - 27%	Umidade - 26%
	38 - Alceação do imóvel	Sim - 57%	Não - 43%
	39 - Como recebeu a habitação	Sem muro - 95%	Com pintura - 80%
Diversos	40 - Bens	Máquina de lavar - 50%	Automóvel - 30%
	41 - Renda familiar	R\$ 200,00 a R\$ 700,00 - 54%	- de R\$ 700,00 - 26%
	42 - Orientação solar (salar íntimo)	Boa - 55%	Razoável - 29%
	43 - Vegetação para melhorar conforto térmico	Não - 70%	Sim - 30%
	44 - Ventilação e iluminação dos ambientes	Boa - 83%	Razoável - 13%
	45 - Prioridades em relação aos compartimentos	Cozinha maior - 61%	Domínio maior - 20%
	46 - Preferência quanto à tipologia	Casa isolada - 76%	Apartamento - 15%
	47 - Área total da edificação	Até 30 m <sup>2</sup> - 29%	De 31 a 50 m <sup>2</sup> - 47,6%
	48 - Número de pavimentos	1 pav. - 70%	2 pav. - 15%
	49 - Uso da unidade habitacional	Unifamiliar - 94%	Multifamiliar - 6%

Quadro 1 – Itens do questionário e principais resultados (continuação)



Figura 1 – Divisão regional do Rio Grande do Sul e locais pesquisados

## Desenvolvimento de propostas de tipologias de habitações de caráter social

O conhecimento das diferenças socioeconômico-culturais das regiões, associado à análise dos resultados do questionário e às vistorias realizadas nos conjuntos habitacionais, permitiu a identificação das principais características desses conjuntos, bem como captar a opinião dos moradores. Desse modo, essas informações serviram de ponto de partida para a definição de padrões para o desenvolvimento de propostas de tipologias.

Tendo em vista as condições climáticas do Rio Grande do Sul, faz-se necessário dar uma atenção especial ao conforto térmico do usuário, o que é deixado, muitas vezes, em segundo plano em habitações de interesse social. Para isso, optou-se pelo uso de alvenaria de blocos cerâmicos (Figura 2), devido aos seus desempenhos térmico e acústico satisfatórios e à adequação à realidade gaúcha.

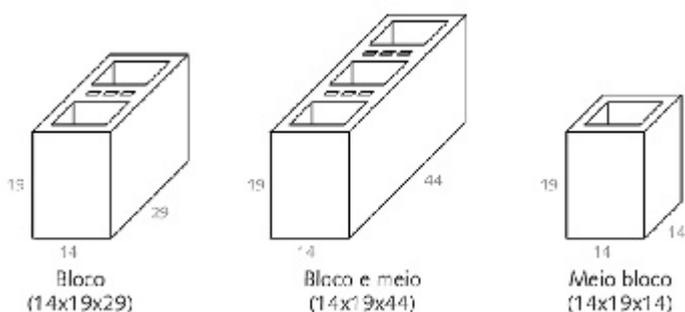


Figura 2 – Bloco cerâmico utilizado nas propostas de tipologias

Foram desenvolvidas quatro tipologias, nas quais estão previstas possíveis ampliações, de acordo com a necessidade de seu usuário e a testada do terreno. 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-fundos; (c) possibilidade de forro com pré-laje inclinada ou estrutura de madeira coberta com telha cerâmica; (d) paredes revestidas externamente com argamassa e bloco aparente na parte interna; (e) uso de mesma parede para as tubulações hidrossanitárias da cozinha e banheiro; (f) uso de caixa de água de fibra de vidro ou PVC; e (g) fundação com estrutura do tipo sapata corrida.

Quanto às dimensões das tipologias, variam de 30 a 70 m<sup>2</sup>, e suas testadas dependem do terreno disponível, podendo variar de 4 a 10 m, já que atualmente as testadas verificadas em grandes cidades têm diminuído consideravelmente.

As propostas de tipologias foram detalhadas, sendo necessárias nesse sistema construtivo, além dos projetos usuais, as plantas de primeira e segunda fiadas, as elevações de cada parede e a locação dos pontos de água e de luz. Desenvolveram-se manuais de construção para todas as tipologias, com todos os detalhamentos e orientações técnicas para a execução das unidades.

A seguir são apresentados alguns detalhamentos de cada uma das tipologias propostas, com ênfase para a Tipologia 1, por questão de espaço.

As Figuras 3 e 4 mostram a planta baixa e um corte, respectivamente, da Tipologia 1. É uma unidade que pode ser executada com um dormitório e áreas de 36,18 m<sup>2</sup>, com ampliação prevista de mais um dormitório e área total final de 45,11 m<sup>2</sup>. Para ampliação de um para dois dormitórios, na região da área de circulação, onde será aberta a porta, os blocos são assentados com junta vertical a prumo para facilitar a abertura. Também há a opção de a cozinha ser isolada da sala, com porta pela circulação. As Figuras 5 a 9 mostram as fachadas de frente e fundos, indicação das paredes, elevação da Parede 6 e detalhe do projeto hidráulico da Tipologia 1, respectivamente. Observa-se nessas figuras que a racionalização do sistema possibilita uma minimização de perdas ou quebras, em função da modulação das paredes e aberturas, localização de canalizações e pontos de luz e água, blocos especiais com aberturas laterais e dimensões maiores dos blocos (redução de argamassa e maior produtividade no assentamento).



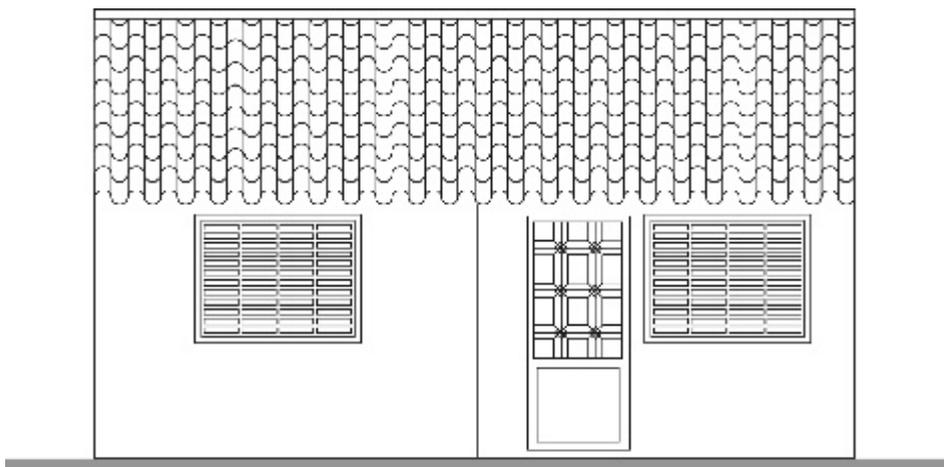


Figura 5 – Fachada principal – Tipologia 1

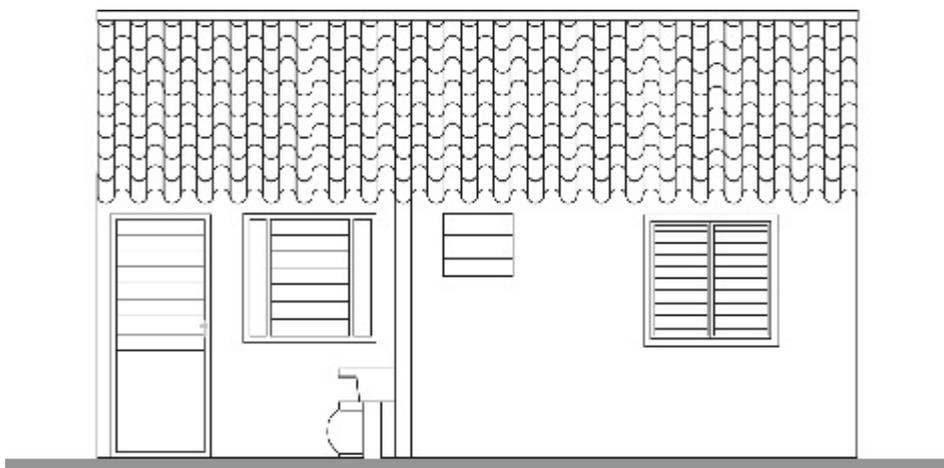


Figura 6 – Fachada de fundos – Tipologia 1

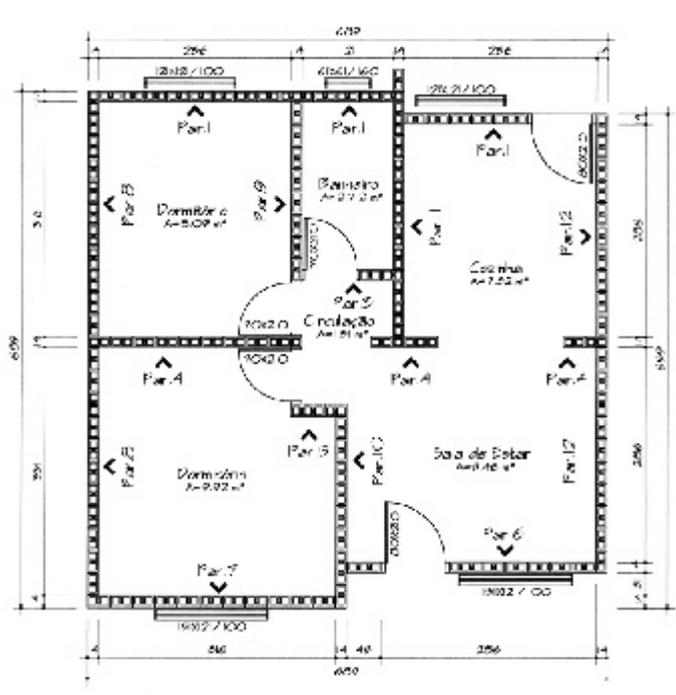


Figura 7 – Planta da 1ª fiada – Tipologia 1

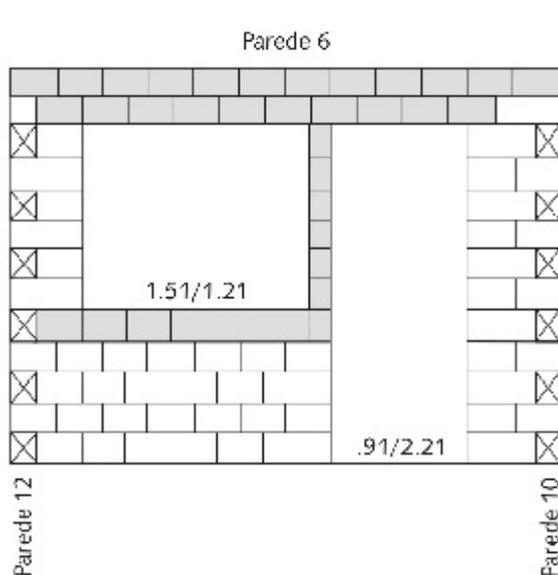


Figura 8 – Elevação da Parede 6 – Tipologia 1

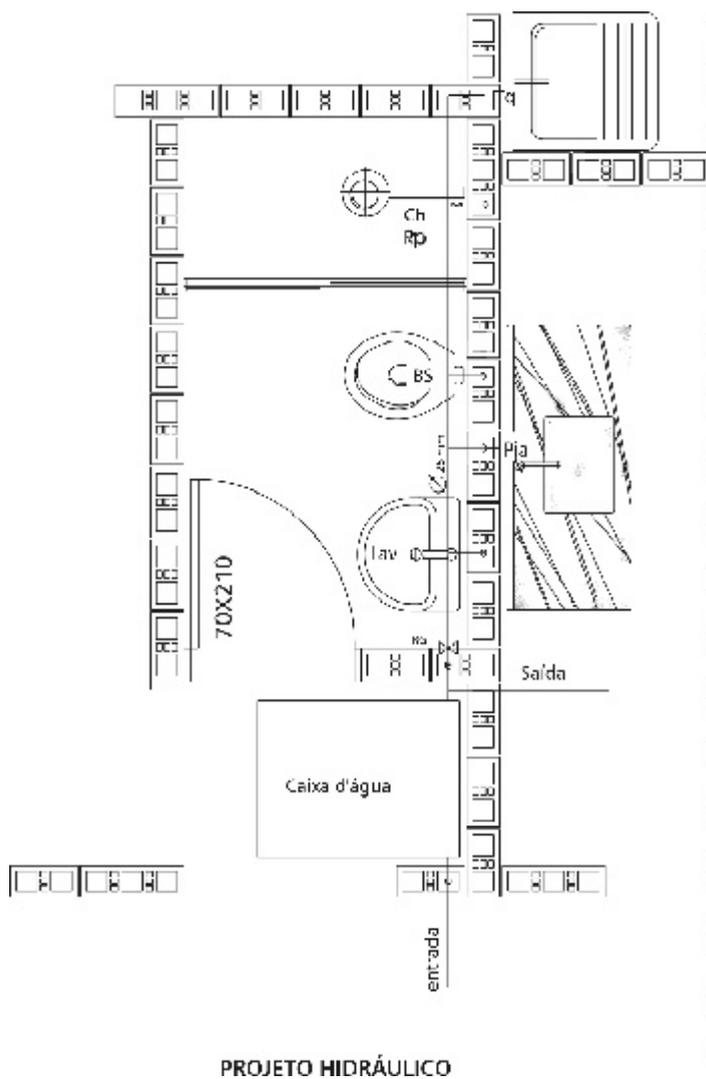


Figura 9 – Projeto hidráulico – Tipologia 1

A Tipologia 2 tem dois dormitórios e é aplicada a terrenos muito estreitos, típicos de grandes centros, como Porto Alegre, onde a permanência dos moradores no local pode ser interessante. As Figuras 10 e 11 mostram, respectivamente, as plantas baixas dos pavimentos térreo e superior da Tipologia 2. Essa tipologia tem área total de 50,82 m<sup>2</sup> e não apresenta possibilidades adequadas de ampliação.

A Tipologia 3 apresenta um núcleo inicial de 37,52 m<sup>2</sup> (sala, quarto, cozinha e banheiro), podendo ser ampliada em até quatro dormitórios (66,74 m<sup>2</sup>). Uma vista geral da planta baixa dessa tipologia pode ser vista na Figura 12.

Para terrenos com desnível, foi desenvolvida a Tipologia 4, caracterizada por possibilitar a construção de um núcleo inicial de um dormitório (36,18 m<sup>2</sup>) e ser ampliada até quatro dormitórios (69,71 m<sup>2</sup>). As Figuras 13 a 15 mostram as plantas baixas e um corte da Tipologia 4.

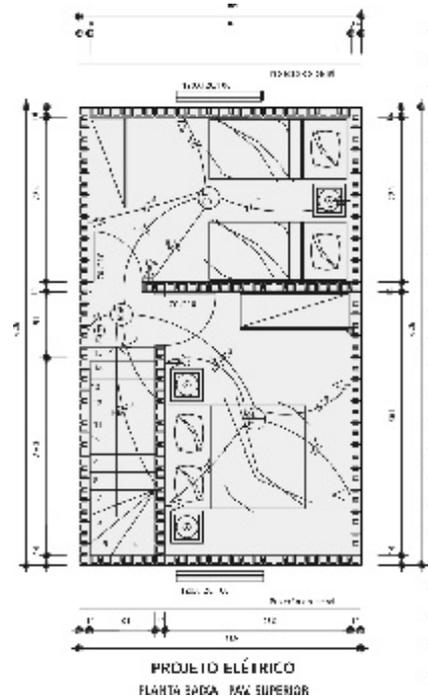
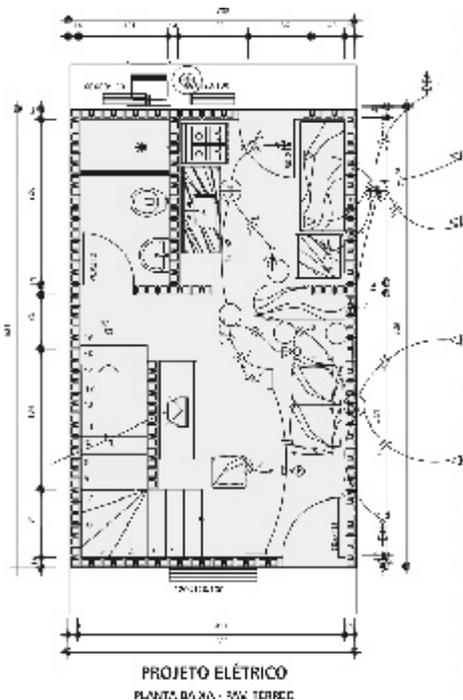
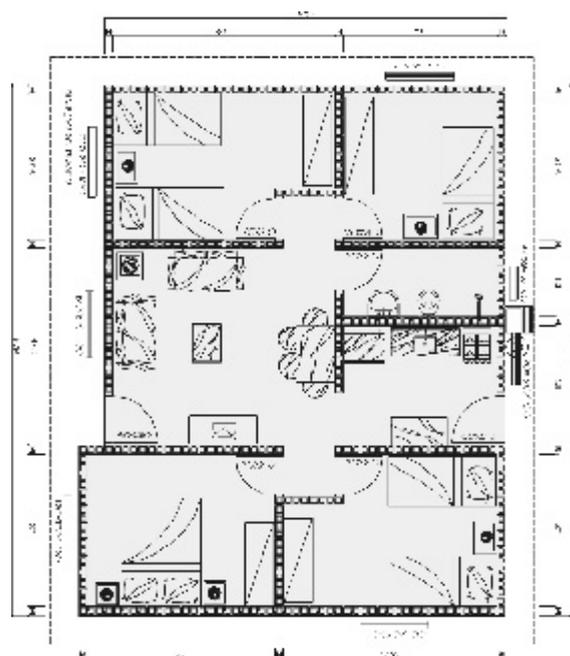


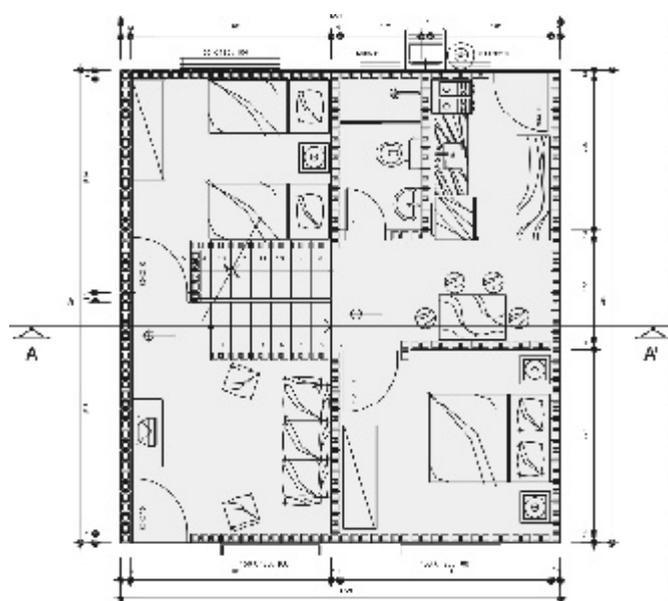
Figura 10 – Pavimento térreo – Tipologia 2

Figura 11 – Pavimento superior – Tipologia 2



PLANTA BAIXA 4 DORMITÓRIOS: área de 66,75 m<sup>2</sup>

Figura 12 – Planta baixa – Tipologia 3



PLANTA BAIXA - NÍVEIS 0,00 m e 1,20 m  
1 DORMITÓRIO: 24,18 m<sup>2</sup> | 3 DORMITÓRIOS: 44,29 m<sup>2</sup>

Figura 13 – Nível inferior – Tipologia 4

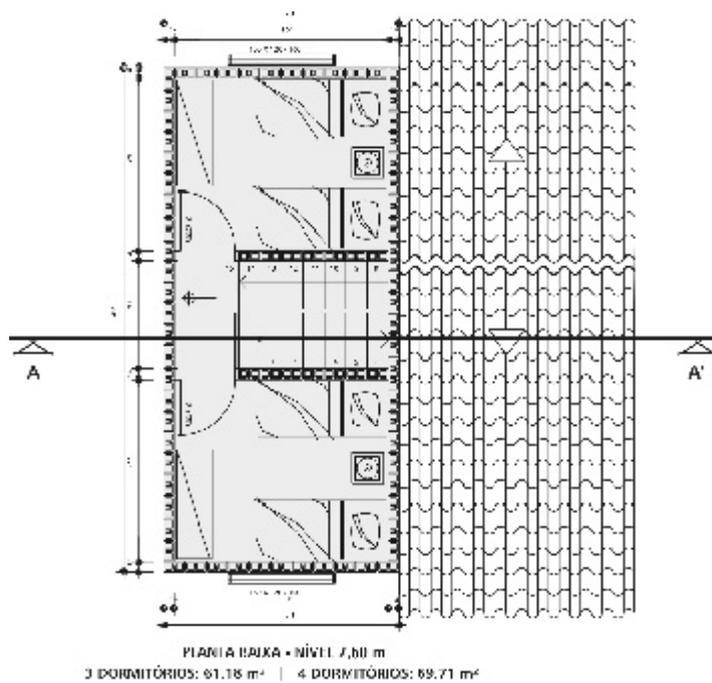


Figura 14 – Nível Superior – Tipologia 4

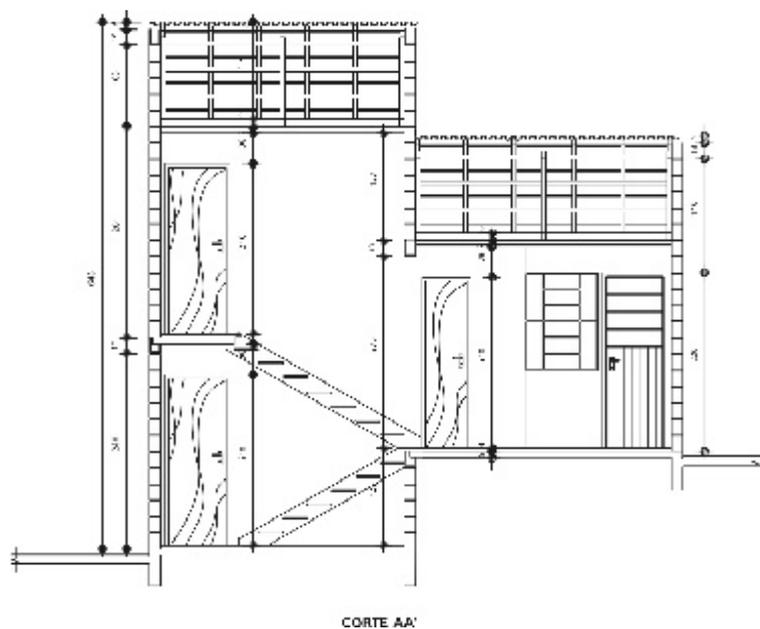


Figura 15 – Corte AA' – Tipologia 4

Visando a uma melhor análise e compreensão do sistema construtivo e das tipologias, foram confeccionadas maquetes em escala 1/25 e um modelo reduzido em bloco cerâmico, na escala 1/5. Os blocos cerâmicos para a construção do modelo reduzido foram produzidos em maromba de laboratório, pela própria equipe do projeto. As Figuras 16 a 23 apresentam detalhes das maquetes das Tipologia 1 a 4. A Figura 24 mostra detalhe de execução do modelo reduzido da Tipologia 1, em que é possível visualizar o detalhe de um bloco para fixação de caixa de luz.

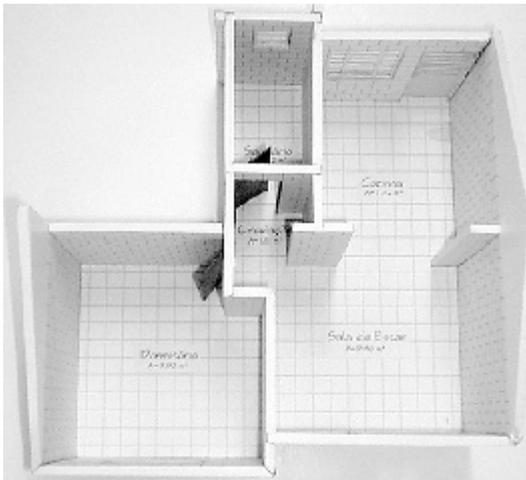


Figura 16 – Detalhe da maquete – Tipologia 1

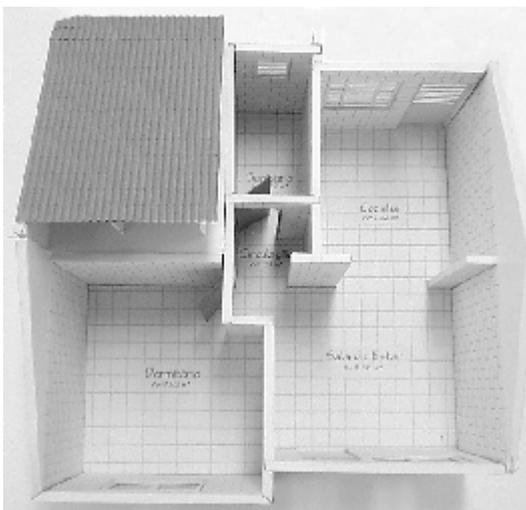


Figura 17 – Segundo dormitório – Tipologia 1



Figura 18 – Maquete – Tipologia 2

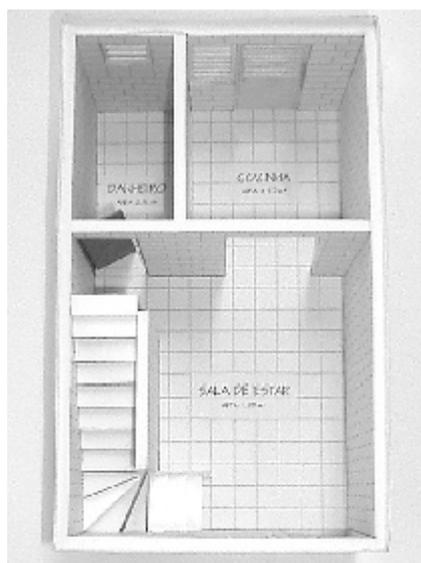


Figura 19 – Detalhe da maquete – Tipologia 2

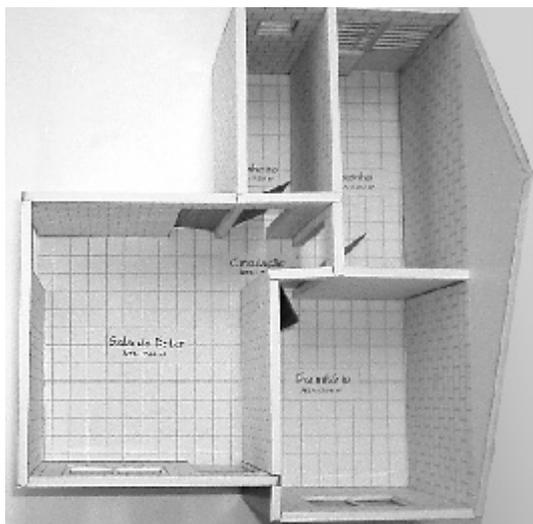


Figura 20 – Núcleo de 1 dormitório – Tipologia 3

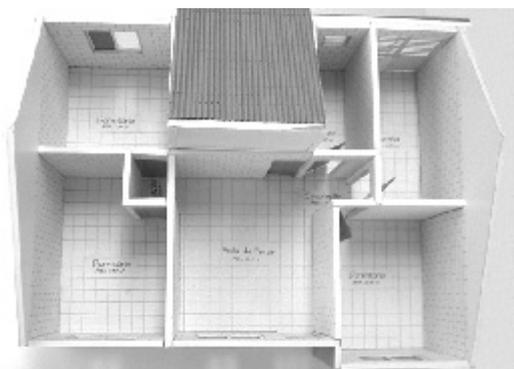


Figura 21 – Ampliação até 4 dormitórios – Tipologia 3



Figura 22 – Maquete – Tipologia 4

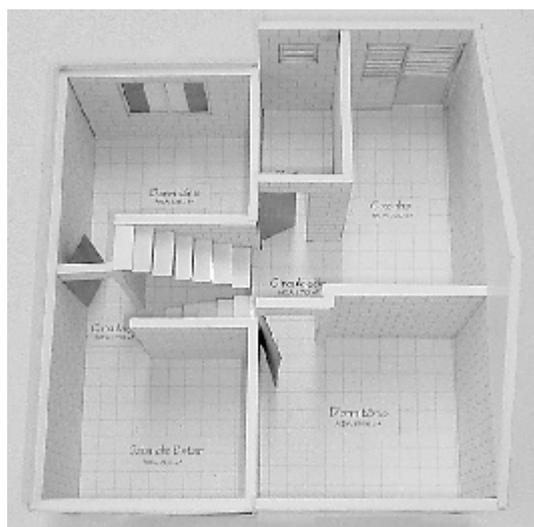


Figura 23 – Detalhe da maquete – Tipologia 4

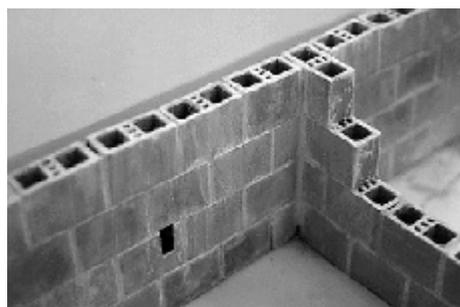


Figura 24 – Detalhe do modelo reduzido – Tipologia 1

## Manuais de construção

Para a compreensão do sistema construtivo e execução dos projetos, foram produzidos quatro Manuais de Construção de Habitação de Caráter Social, um para cada uma das tipologias desenvolvidas.

Esses manuais têm entre 40 e 67 páginas, contendo informações e orientações que facilitam a construção das unidades, principalmente por mutirão, entre as quais se destacam: marcação da obra, fundações, ferramentas, família de blocos (tipos), alvenaria, cantos, fiadas, juntas, prumo, esquadro, traços, assentamento, encontro e amarração de paredes, vergas, contra-vergas, cintas, eletrodutos, tubulações de água e de esgoto, e fixação de telhado.

Além disso, em cada manual encontra-se um conjunto completo de plantas e detalhes dos projetos e especificações técnicas, incluindo as ampliações possíveis e orçamento detalhado.

A título de ilustração, são apresentadas, a seguir, algumas das figuras contidas nos manuais. A Figura 25 mostra a “família” de blocos utilizados nos sistemas construtivos. Com esse conjunto de peças é possível fazer a amarração de paredes, execução de cintas, vergas e contra-vergas e fixação de caixas de luz ou pontos de água.

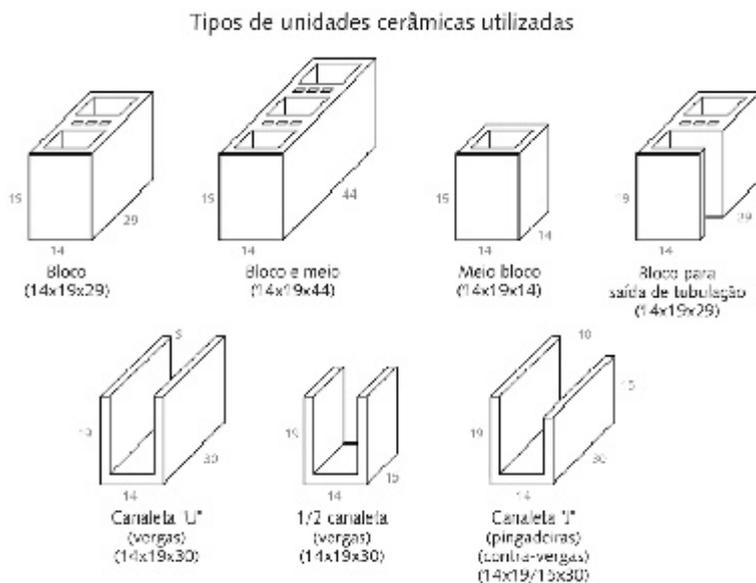


Figura 25 – Família de blocos utilizados nas propostas de tipologias

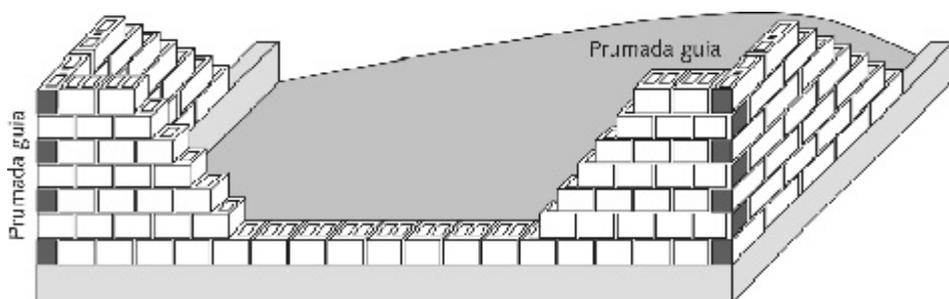


Figura 26 – Primeira fiada e levantamento das paredes

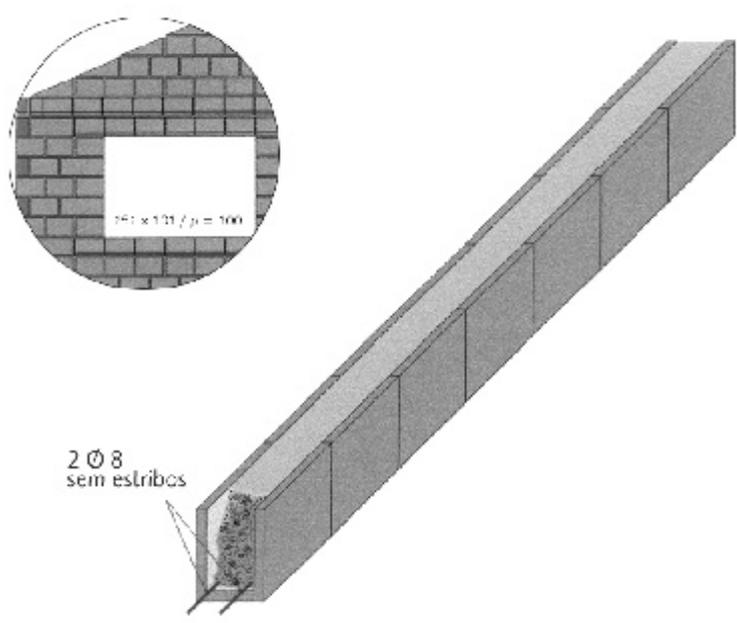
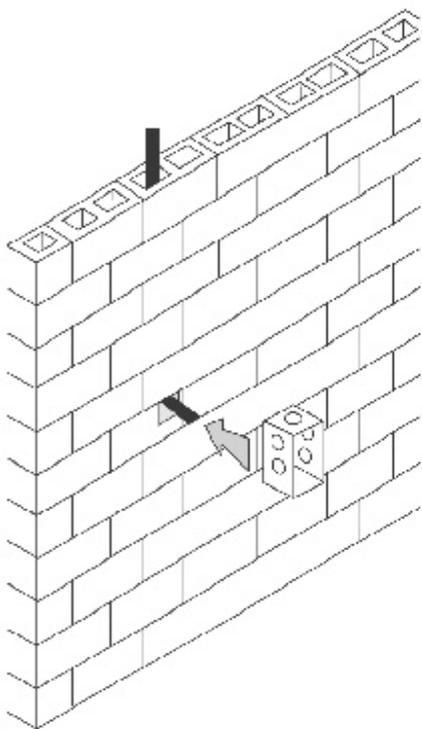
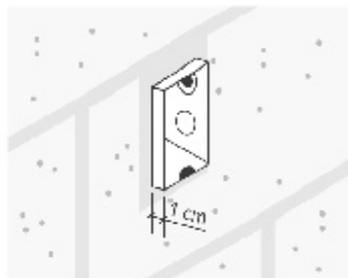


Figura 27 – Detalhe de verga, contra-verga e cinta



Parede em osso



Parede a ser revestida

Figura 28 – Detalhe de caixa de luz e eletroduto

O fechamento das paredes é feito a partir de levantamento dos cantos (castelos), atendendo ao esquadro, nivelamento e prumo, conforme mostra a Figura 26. Detalhes de verga, contra-verga e cintas podem ser vistos na Figura 27. A Figura 28 destaca a importância da colocação do bloco para fixação de caixa de luz, descida da tubulação e detalhes para arremates.

## Construção de protótipos

A consolidação do projeto na construção de protótipos está sendo viabilizada através do projeto Construção de Habitações de Caráter Social, financiado pela FINEP, em convênio com a Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência (FATEC) e Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul (RS).

O projeto compreende a construção de uma habitação de cada uma das quatro tipologias desenvolvidas e o monitoramento e avaliação do desempenho das unidades por um período mínimo de cinco anos.

As atividades encontram-se na fase inicial, tendo sido superadas todas as etapas legais de aprovação dos projetos, seleção dos beneficiários, definição dos terrenos e infra-estrutura, e início da locação das unidades e execução das fundações.

Uma outra unidade da Tipologia 1 está sendo construída em Santa Maria (RS), parte de um convênio FINEP/ANTAC/FATEC.

## Agradecimentos

A equipe agradece o apoio dos financiadores (Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, Caixa Econômica Federal – CEF, Cerâmica Candelária, Cerâmica Desconsi, Cerâmica Kipper, de Cachoeira do Sul, Cerâmica Pauluzzi e Cerâmica Patronato) e também aos professores Hugo Blois Filho, Marco Antonio Pozzobon e Jonas Ruff.

## 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).

CONCÍLIO, V. P. **Mutirão habitacional: adequação de processos e sistemas construtivos.** 1998. Dissertação - (Mestrado); Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

COSTA FILHO, A.; BONIN, L. C.; SATLER, M. A. Tecnologias sustentáveis em habitações destinadas à população de baixa renda. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000. **Anais...** v. 1, p. 196-203.

HABITAÇÃO: moradia popular e kit metálico. **Revista Técnica**, n. 54, p. 64-66, set. 2000.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social.** São Paulo: IPT/FINEP, 1998. Publicação IPT n. 2.515.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Catálogo de processos e sistemas construtivos para habitação.** São Paulo: IPT/FINEP, 1994. Publicação IPT n. 2.089.

LOPES, W. ; INO, A. habitação em taipa de mão: alternativa de construção mais sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: [s.n.], 2000. v. 1, p. 173-180.

MITIDIERI FILHO, C. V. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações.** 1998. Tese (Doutorado) - EPUSP, São Paulo, 1998.

SOARES, J. M. D. et al. Desenvolvimento de habitações de caráter social utilizando bloco cerâmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO ENTAC, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: [s. n.], 2000. v. 1, p. 277-283.

**Doris C. C. K. Kowaltowski** é arquiteta pela University of Melbourne, Austrália (1969). Doutora pela University of Califórnia, USA (1980). É professora livre-docente da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP desde 1989. Foi coordenadora de curso no Departamento de Construção Civil da Faculdade de Engenharia no período de 1997 a 2001. Atua nas áreas de Planejamento e Projetos de Edificação, Avaliação Pós-Ocupação, Metodologia de Projeto e Conforto Ambiental.  
E-mail: [doris@fec.unicamp.br](mailto:doris@fec.unicamp.br)

# 5.

## Transferência de inovação tecnológica na autoconstrução de moradias

Doris C. C. K. Kowaltowski

### Resumo

**E**ste artigo descreve os resultados de pesquisas vinculadas à linha de pesquisa Metodologia de Projeto Arquitetônico, do Departamento de Arquitetura e Construção da FEC-UNICAMP. Essa linha de pesquisa está direcionada ao apoio técnico à autoconstrução de moradias de interesse social. Primeiro, discorre-se rapidamente sobre um estudo anterior, financiado pela FAPESP, intitulado “Elementos sociais e culturais da casa popular em Campinas, SP”. Em seguida, apresentam-se a metodologia e os principais resultados do projeto Transferência de Inovação Tecnológica na Autoconstrução de Moradias (TTAM), financiado pela FINEP, através do qual se emprega a tecnologia da informação como um mecanismo de apoio à elaboração de projetos com a participação dos futuros moradores.

95

### Introdução

A relevância desse tipo de trabalho justifica-se pelo papel social da autoconstrução. Existe a necessidade de envolvimento da comunidade científica e de suas pesquisas tecnológicas nessa forma de produção de habitações, para propiciar

um incremento na qualidade construtiva e urbana do ambiente construído. Pelas características e dimensão dessa modalidade habitacional, justificam-se o desenvolvimento de procedimentos inovadores na área de projeto de arquitetura e a mudança de forma de atuação de profissionais de projeto e construção. Assim, a inovação revela-se na forma de uma metodologia automatizada de projeto arquitetônico com recursos computacionais e gráficos, considerando dados de uma pesquisa de campo anteriormente realizada como ponto de partida, a fim de garantir a afinidade necessária com as características da autoconstrução. A transferência de inovação tecnológica permite a ampliação de horizontes de pesquisa na área de moradia de interesse social. A avaliação dessa transferência de tecnologia na autoconstrução está sendo divulgada em vários meios nacionais e internacionais, como conferências e publicações. A disseminação dessas informações utiliza-se também dos recursos de multimídia e dos novos meios de comunicação das redes mundiais (World Wide Web), visando à agilidade e ao enriquecimento da discussão entre os grupos afins.

O trabalho da equipe concentra-se na região de Campinas (SP), onde foram detectadas falhas na autoconstrução que tornam evidente a necessidade de apoio técnico ao autoconstrutor e de pesquisas de avaliação pós-ocupação das construções após o apoio realizado.

## Objetivos da pesquisa

O objetivo do primeiro projeto de pesquisa Elementos Sociais e Culturais da Casa Popular em Campinas, SP, foi investigar as características da autoconstrução na região de Campinas quanto aos hábitos sociais e culturais da população de baixa renda, as suas preferências em relação ao projeto de casa, bem como analisar as tipologias arquitetônicas construídas. O levantamento realizado junto às moradias autoconstruídas e autotransformadas em Campinas mostrou a existência de parâmetros padronizados em relação a alguns elementos arquitetônicos. Existe um grande esforço por parte da população para adaptar a moradia às suas necessidades e aos modos de morar, adaptações estas muito relacionadas à tipologia do núcleo inicial e, no caso dos conjuntos habitacionais, às áreas dos ambientes da moradia (KOWALTOWSKI; PINA, 1995). Esse processo de alteração é oneroso e difícil, acarretando demolições, justaposições e soluções mal resolvidas, que freqüentemente implicam perda de qualidade nos espaços existentes. Nos bairros periféricos de Campinas, a incidência de

modificações realizadas é de 70% e reflete a construção em etapas executadas sem planejamento prévio. Ficou evidente a presença de graves problemas em relação ao planejamento global da moradia, ao agenciamento dos ambientes domésticos, ao conforto ambiental, ao desconhecimento de soluções adequadas na obtenção desse conforto, ao desperdício e à lentidão na finalização da casa, fatores estes que também conduzem a uma conseqüente diminuição da qualidade e a um aumento do custo de produção.

As informações levantadas sobre a habitação popular na região de Campinas, bem como sua análise, auxiliaram na elaboração do perfil das formas de morar da população de baixa renda nessa região em relação à família, às suas necessidades e exigências de espaços, às atividades, aos valores e ao comportamento. As especificidades locais encontradas e a complexidade de causa e efeito do ambiente no comportamento do usuário e seu bem-estar revelaram-se verdadeiros instrumentos de afinação na procura de uma ferramenta de apoio. Mediante as características levantadas nesse ambiente, visualizou-se a necessidade de apoio técnico ao autoconstrutor e de pesquisas complementares. Essas informações foram a base para o desenvolvimento de uma metodologia automatizada de projeto arquitetônico denominada AUTOMET, criada para auxiliar nessa modalidade habitacional na região.

O objetivo geral do projeto de pesquisa TITAM, de outro lado, é aplicar novos métodos de desenvolvimento de projetos arquitetônicos, colocados ao alcance da população de autoconstrutores, que representem sensível avanço na qualidade final da construção de casas da região de Campinas.

A estratégia do projeto estabeleceu outros objetivos específicos:

- transferir tecnologia implementada na ferramenta computacional AUTOMET, criada para auxiliar o projeto arquitetônico de casas populares na cidade de Campinas (KOWALTOWSKI et al., 1995b). O desenvolvimento do projeto de casas com essa metodologia utiliza os recursos de CADD – Computer Aided Design and Drafting (AUTOCAD, 2000; HEAD, 1989). Tal pesquisa é baseada em manipulação controlada sobre projetos encontrados na pesquisa de campo do projeto Elementos Sociais e Culturais da Casa Popular na Metodologia de Projeto, que levam em conta parâmetros de influência evidenciados na análise dos dados desta mesma pesquisa (KOWALTOWSKI et al., 1995a);

- pesquisar os resultados da transferência de tecnologia em termos do impacto no fenômeno atual da autoconstrução na região e da aceitação por parte da população dos projetos elaborados através da metodologia. São levantados dados sobre intervenções desejadas para uma individualização maior dos projetos, quantificação de obras iniciadas com os novos projetos e avaliação do andamento da obra com uma base de projeto fundamentada. São ainda levantados níveis de conforto e a satisfação dos autoconstrutores com as suas moradias, bem como os principais problemas técnicos construtivos enfrentados pela população;
- pesquisar a adequação da linguagem projetual à população de autoconstrutores. Nessa pesquisa específica foi dada maior ênfase ao entendimento dos projetos e ao desenvolvimento de uma Cartilha do Autoconstrutor. O enfoque foi em relação à apresentação dessa cartilha e à visualização e interpretação dos projetos propostos gerados pela metodologia. Na interpretação foi dada maior ênfase à facilidade de leitura dos desenhos tridimensionais; e
- identificar e quantificar o acréscimo na qualidade construtiva e no conforto alcançado nas casas realizadas no período desse experimento. As obras iniciadas foram acompanhadas para avaliação dos aspectos de fidelidade ao projeto, com atenção à extensão de modificações introduzidas, à sua caracterização, bem como ao dimensionamento de desperdícios resultantes dessas modificações. Em relação à avaliação do conforto, foi dada ênfase ao conforto térmico através de observações da utilização de elementos presentes no projeto, como implantação correta, varandas, dimensão e localização de aberturas, beirais, ventilação do ático e recomendações na escolha dos materiais de construção e opção de cores para o revestimento externo. Nas casas construídas e ocupadas foram realizadas medições dos parâmetros ambientais como temperatura interna e externa, temperatura de globo, umidade relativa e velocidade do ar. Os demais itens relativos ao conforto ambiental foram avaliados por meio de levantamento do nível de satisfação do morador e de medições de níveis de ruído e iluminação nos cômodos.

## Metodologia

A metodologia automatizada de projeto arquitetônico AUTOMET foi desenvolvida com a ferramenta AutoCad R.12 e programação em AutoLisp. Os projetos das moradias da metodologia foram preparados com a modelagem de sólidos desse

software. Antes da transferência propriamente, a metodologia passou por uma etapa de aprimoramento e atualização para a versão do software AutoCad 2000 – *Architectural Desktop*. Foram estabelecidos contatos com órgãos ligados à habitação social para divulgação da metodologia de apoio e formalização de convênios. Um desses contatos ocorreu com a Companhia de Habitação do Município de Campinas (COHAB de Campinas), que demonstrou interesse em utilizá-la. Para viabilizar o centro móvel de transferência de tecnologia foram realizados vários contatos com empresas do setor privado. Como resultado dessa iniciativa, foi concedido um veículo pela GM do Brasil através de comodato. O veículo Blazer foi identificado como parte integrante do projeto de pesquisa e adaptado para a colocação de equipamentos como impressora, notebook, etc., necessários para a transferência. Também se iniciou o desenvolvimento do material de divulgação sobre a importância do projeto de arquitetura através da criação de um Manual do Autoconstrutor, um Web site e um CD-ROM. Após a etapa de transferência, foi realizado um acompanhamento das construções e, posteriormente, uma coleta de dados através de questionário específico, medições técnicas e registros fotográficos de cada obra.

### **Atuação de transferência**

No atendimento à autoconstrução desenvolveram-se 390 projetos até o momento, dos quais 234 foram elaborados dentro do convênio com a COHAB Bandeirante para os municípios de Piracicaba e Pirassununga. Em Pirassununga a população participou ativamente, inclusive através da indicação de desejos individuais que foram incorporados aos projetos pela equipe do projeto TITAM. A população envolvida também participou de palestras e exposição de maquetes dos projetos que demonstraram a base técnico-qualitativa dos projetos. A Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP mantém um centro de atendimento permanente para a população, dentro do Departamento de Arquitetura e Construção, onde foram atendidas 30 famílias de autoconstrutores que vieram espontaneamente e muitas vezes retornaram para solicitar modificações individuais que foram incorporadas pela equipe do projeto TITAM.

Uma das experiências mais significativas, desenvolvida no período 1999-2001, ocorreu no Jardim Conceição, no distrito de Sosas, região de Campinas. Tratava-se de uma ocupação irregular em uma área de proteção ambiental. A maioria das moradias existentes era de madeira, improvisada, com total precariedade, e havia umas poucas casas em alvenaria de tijolo cerâmico. Apenas a moradia da liderança do

movimento daquela população era de bloco de concreto. A COHAB de Campinas, após negociação com os moradores, acertou realocar os moradores em uma área próxima ao local da ocupação, retirando-os da área de preservação ambiental. A COHAB foi também responsável pela definição do projeto de parcelamento do solo e implantação do novo loteamento, e ainda ofereceu opção aos moradores de aquisição de um *kit* para a construção de uma casa embrião do programa, com sala, cozinha e banheiro. Assim que as obras de terraplenagem foram concluídas, solicitou-se à equipe do projeto TITAM que entrasse em contato com os moradores para lhes dar um apoio técnico com a realização da transferência de inovação tecnológica.

Foram agendadas datas para o início da transferência, que se realizou predominantemente aos sábados a pedido da população. Nessas ocasiões, foram fornecidos projetos básicos para a construção individual da moradia envolvendo a equipe de pesquisadores, bolsistas e as famílias interessadas, atividade essa mostrada nas imagens da Figura 1. Além da entrega do projeto básico da moradia, foram fornecidas explicações sobre o projeto e também sobre aspectos importantes da construção que visam à qualidade e ao conforto da moradia. Todas as famílias presentes preencheram uma ficha de dados para posterior acompanhamento. Nessa etapa do apoio técnico, 84 famílias do Jardim Conceição foram diretamente atendidas, de um total de 120 existentes no novo loteamento. A receptividade por parte dos moradores foi imediata, e a aceitação dos projetos propostos, muito boa.



Figura 1 – Cenas do centro móvel de atendimento no Jardim Conceição, em Sousas, distrito de Campinas, para a transferência de inovação tecnológica na autoconstrução de moradias

## Resultados obtidos

Para avaliação e análise da transferência de inovação tecnológica, a equipe do projeto iniciou um acompanhamento e levantamento das moradias construídas no local. Esse levantamento de resultados visou a avaliar principalmente a aceitação, por parte dos autoconstrutores, da orientação e do apoio oferecidos, bem como a elevação da qualidade das moradias, a redução de desperdícios e a melhoria das condições de vida no bairro. Essa análise permite a elaboração de ajustes no processo de transferência, além de orientar novos estudos e propostas para a elevação da qualidade da habitação social.

Para o levantamento dos resultados, foram realizadas visitas frequentes ao local, medições técnicas, croquis das plantas de casas modificadas, registros fotográficos digitais. Realizou-se também a aplicação de um questionário-entrevista com questões relativas ao local de origem dos autoconstrutores; dados socioeconômicos dos autoconstrutores e família; idéia prévia da planta da futura casa; experiência anterior em construção; consulta a profissional de construção civil; construção da casa em etapas; grau de satisfação quanto ao projeto arquitetônico sugerido. A partir dos croquis executados na pesquisa de campo, foram elaborados registros em CAD, organizados em uma tabela de projetos atendidos e modificados, tabela essa apresentada no Anexo A.

Conforme esperado, a grande maioria da população utiliza os fins de semana na construção de suas casas (54%), pois trabalha em outra atividade durante a semana. Há obras que evoluem em tempo integral, tendo como construtores proprietários desempregados ou pedreiros contratados (33%). Seis meses após o início da ocupação do loteamento, 6% das obras estavam na fase de fundação, 35% na de alvenaria, 12% na laje ou cobertura e 47% iniciando a fase de acabamento mas já habitadas, o que demonstra a rapidez com que a população é capaz de executar a obra.

A Figura 2 indica que 30% das casas estavam sendo construídas conforme o projeto entregue à população durante a transferência de tecnologia. Existe uma parcela razoável dos lotes (45%) ocupados por embriões da COHAB, cujas famílias possuíam renda compatível apenas para programa de construção mínima totalmente financiada. Nesse caso, a Companhia fornecia o projeto e o material (bloco de concreto), e a obra era realizada pela família em prazo pré-especificado, sob pena de perda dos direitos sobre o lote. Para uma população em vias de expulsão das suas moradias em local ilegal, justifica-se a opção de moradia menor, mesmo com a consciência dos prejuízos de conforto dessa opção.

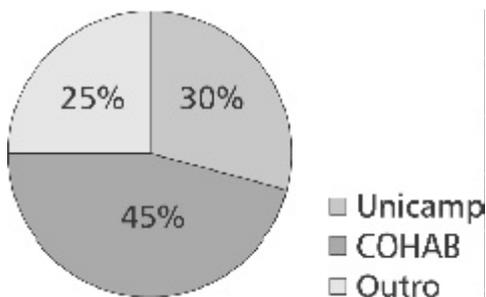


Figura 2 – Projetos utilizados na construção da moradia

O custo das casas não ultrapassava os R\$ 5.000,00 até o momento do levantamento. No entanto, não há registros que provam os valores. O pagamento da obra é quase sempre parcelado em vários depósitos de material de construção, com pouco controle sobre o total dos gastos. A compra dos materiais foi realizada predominantemente em depósitos próximos ao bairro (46%), dada a facilidade de locomoção ao depósito e a rapidez de entrega, já que a maioria da população construía nos fins de semana.

Quanto aos processos construtivos adotados, verificou-se que a fundação em baldrame (Figura 3), juntamente com broca, foi a mais adotada (70%). Esse tipo de fundação é o mais tradicionalmente adotado no local, apesar de não ser a solução mais adequada ao tipo de solo da região. Como as construções são de pequeno porte, tal escolha não traz maiores problemas estruturais. Para as paredes, foram utilizados blocos cerâmicos na maioria das casas pesquisadas (61%), principalmente nos projetos entregues na transferência de tecnologia (Figura 4). Esse tipo de material de construção tem muita aceitação e favorece um maior conforto térmico para o clima da região de Campinas. A COHAB utiliza também blocos de concreto na construção do projeto embrião, pela rapidez que o material oferece na execução. Não há forro em 70% das moradias (Figura 5). Constatou-se a falta de inclusão de um forro na construção das casas, o que resulta em condições inadequadas de conforto térmico. Cerca de 68% das coberturas eram de fibrocimento (Figura 6), o que é justificado pelo estágio inacabado das obras, pela sua evolução construtiva rápida, bem como pelo baixo custo desse material. Vários moradores relataram que o uso do fibrocimento é provisório e manifestaram desejo de substituir a cobertura por telha cerâmica. Em 62% das moradias não havia nenhum acabamento interno (Figura 7). Já em relação ao acabamento externo, encontrou-se o chapisco em 46% das obras, e 45% ainda não possuíam nenhum (Figura 8).



Figura 3 – Sosas: autoconstrutor realizando sua moradia

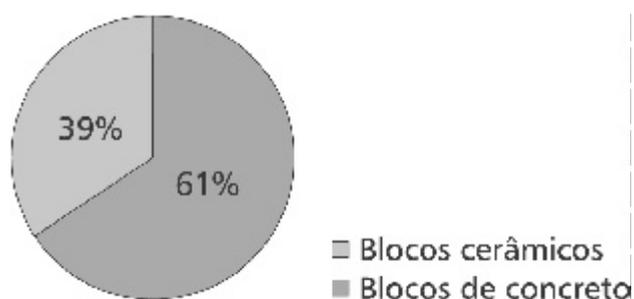


Figura 4 – Característica dos materiais de construção das paredes

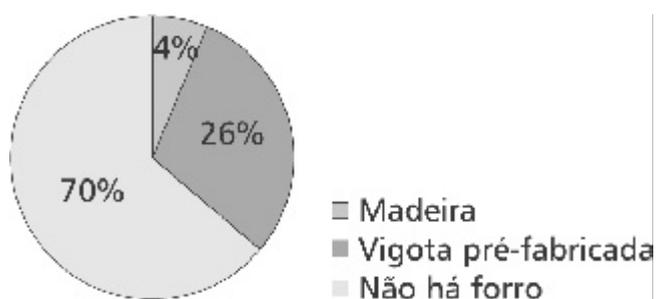


Figura 5 – Característica dos materiais de construção dos forros

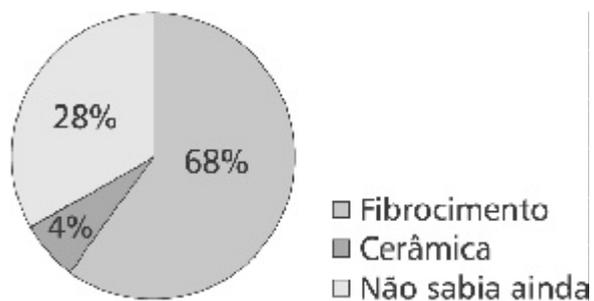


Figura 6 – Distribuição do uso de material das coberturas

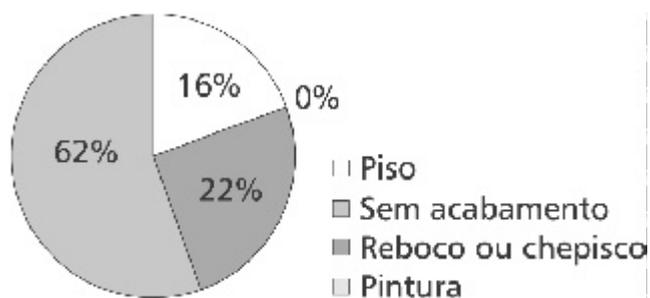


Figura 7 – Estágio do acabamento interno

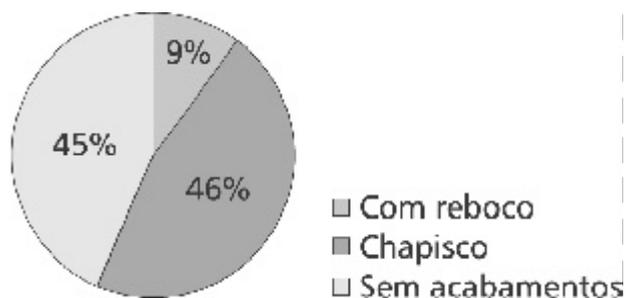


Figura 8 – Estágio do acabamento externo

Verificou-se que 72% daqueles que utilizaram o projeto fornecido pela transferência de tecnologia não realizaram alterações (Figura 9a), demonstrando satisfação com o projeto. Já entre os que utilizaram o projeto da COHAB, 58% realizaram alterações, visto que o projeto inicial não atendia a suas necessidades funcionais (Figura 9b). A pretensão de realizar modificações confirma problemas de insatisfação com o tipo de projeto de moradia executada: 49% dos que adotaram o modelo da COHAB pretendem fazer modificações, ao passo que, daqueles que utilizaram projetos propostos através do Projeto TITAM, somente 22% pretende fazê-las. As modificações dos projetos elaborados pela UNICAMP representam, na sua maioria, o término da obra, com a execução das etapas do projeto original. Entretanto, no caso dos embriões da COHAB, há planos não definidos de grandes aumentos de área. O programa de necessidades presente nos projetos da UNICAMP, especialmente nas casas de cinco cômodos, demonstrou-se adequado às necessidades das famílias, pois as principais interferências do autoconstrutor nesse tipo de projeto referem-se à troca de posição de aberturas – portas e janelas – e ao dimensionamento do banheiro, sem prejudicar os princípios fundamentais propostos no projeto original. A percepção da adequação espacial dos cômodos acontece logo na definição das vigas de fundação, juntamente com o levantamento das paredes dos ambientes.

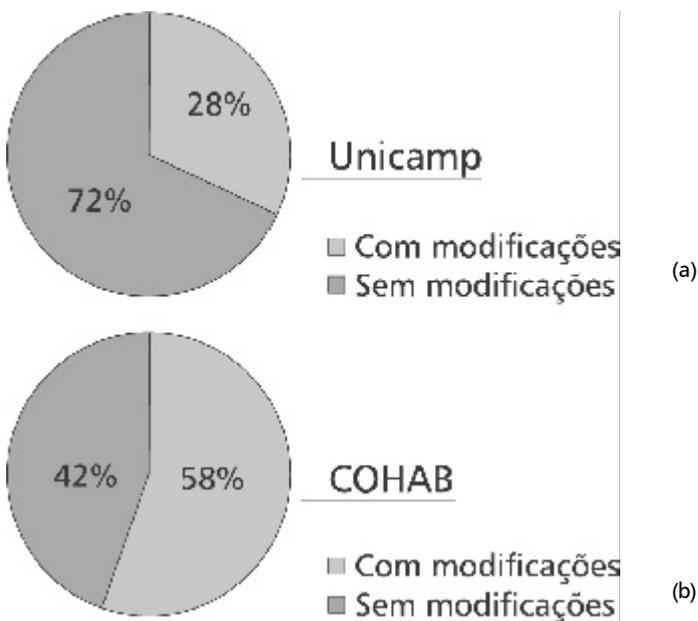


Figura 9 – Alterações introduzidas nos projetos fornecidos à população do Jardim Conceição

## Resultados de medições técnicas das condições de conforto ambiental

Para as medições técnicas relativas ao conforto ambiental, a metodologia empregada para a escolha das casas levou em conta os seguintes aspectos:

- representação de casas de cada tipo de projeto: COHAB e TITAM/UNICAMP;
- localização das casas numa mesma rua, buscando-se, assim, a mesma orientação solar; e
- tipologia da rua em relação aos parâmetros de incidência de ruído e ventilação.

Assim, foram selecionadas nove casas localizadas nas seguintes vias (Figura 10): (a) Rua João Maria Batista, acesso principal ao bairro, onde se constatou que o movimento de veículos e de pedestres é mais intenso; (b) Avenida 2, onde as casas se localizam somente em um dos lados da via e o trânsito é bem menor; e (c) Via Particular 2, cujo pressuposto foi a existência de maior problema de ventilação em relação às outras duas vias escolhidas. Devido às diferenças nas dimensões das casas entre o projeto da COHAB e o da UNICAMP, os cômodos onde as medições ocorreram foram quarto e cozinha no primeiro, e quarto, sala e cozinha no segundo.

Parâmetros ambientais foram coletados nas casas do Jardim Conceição durante os períodos de verão e de inverno. Os parâmetros térmicos coletados foram a temperatura de globo, a temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo úmido e a velocidade do ar. Para as medidas nessa etapa utilizaram-se o termômetro de globo digital, modelo TGD-200 da Instrutherm, e o anemômetro fio quente, modelo AM-4204, da Lutron. Como os projetos da COHAB e da UNICAMP prevêem um número diferente de cômodos, adotaram-se como centro dos cômodos, para efeito de medição, o quarto e a cozinha de ambos os projetos e mais a sala no projeto da UNICAMP.



Figura 10 – Mapa do Bairro Jardim Conceição

Verão			
Projeto da casa do morador	Cômodo	NPS obtido - dB(A)	NPS recomendado - dB(A)
COHAB Maria Lézara da Silva	Quarto	45,2	35 a 45
	Cozinha	49,1	40 a 50
COHAB Adelson B. dos Santos	Quarto	42,2	35 a 45
	Sala	45,9	40 a 50
UNICAMP Regina M. S. Vicente	Quarto	38,4	35 a 45
	Sala	47,5	40 a 50
	Cozinha	45,0	40 a 50
COHAB Edvaldo F. dos Santos	Quarto	62,9	35 a 45
	Sala	53,4	40 a 50
COHAB Ricardo A. Máximo	Sala	43,9	40 a 50
	Cozinha	50,0	40 a 50
UNICAMP Antonio R. Gatti	Sala	50,8	40 a 50
	Cozinha	43,7	40 a 50
UNICAMP Nazareno L. de França	Sala	54,7	40 a 50
	Cozinha	51,5	40 a 50
UNICAMP Geraldo Codoy	Sala	65,7	40 a 50
	Quarto	44,0	35 a 45
	Cozinha	65,6	40 a 50
UNICAMP Adailton C. B. da Conceição	Sala	42,4	40 a 50
	Quarto	40,8	35 a 45
	Cozinha	41,4	40 a 50

Tabela 1 – Avaliação do conforto acústico (continua)

Inverno			
Projeto da casa do morador	Cômodo	NPS obtido - dB(A)	NPS recomendado - dB(A)
COHAB Maria Lázara da Silva	Quarto	40,6	35 a 45
	Cozinha	43,0	40 a 50
COHAB Adelson B. dos Santos	Quarto	60,4	35 a 45
	Sala	57,9	40 a 50
COHAB Edvaldo F. dos Santos	Quarto	73,8	35 a 45
	Sala	43,1	40 a 50
COHAB Ricardo A. Máximo	Sala	43,9	40 a 50
	Cozinha	43,5	40 a 50
UNICAMP Antonio R. Gatti	Sala	40,4	40 a 50
	Cozinha	40,3	40 a 50
UNICAMP Nazareno L. de França	Sala	42,8	40 a 50
	Cozinha	44,1	40 a 50
	Sala	53,5	40 a 50
UNICAMP Geraldo Godoy	Quarto	46,1	35 a 45
	Cozinha	61,2	40 a 50
UNICAMP Adailton C. B. da Conceição	Sala	64,6	40 a 50
	Quarto	49,8	35 a 45
	Cozinha	54,3	40 a 50

Tabela 1 . Avaliação do conforto acústico

Para as medições de conforto acústico, foram medidos os níveis de pressão sonora (NPS) utilizando-se o medidor integrador de nível de pressão sonora, modelo 00026 da Robotron, na escala de compensação A e com resposta de leitura rápida. Para a execução dessa etapa, seguiram-se as prescrições da norma NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando ao conforto da comunidade. No caso dos ambientes internos, a NBR 10151 recomenda fazer as medições a distâncias de,

no mínimo, 1 m das paredes; 1,20 m acima do piso e 1,5 m de janelas. Obedecendo-se ainda a essa norma, as medidas foram coletadas de três posições a 0,50 m uma da outra e com as janelas dos cômodos abertas.

Nas medições de conforto visual foi utilizado o luxímetro, modelo LX-102, da Lutron, para medir o iluminamento (I), que corresponde à quantidade de lux nos ambientes. As medições foram feitas no centro dos cômodos e em mais quatro pontos distantes aproximadamente 0,50 m do centro. O conforto luminoso foi avaliado segundo a NB-57/1969, que contém recomendações sobre a quantidade de lux adequada para diferentes ambientes e atividades (Tabela 2).

O conforto térmico foi avaliado segundo o método de Fanger (1970), que determina o grau de conforto ou desconforto através de sua escala de sensação térmica, que varia de -3 a +3 (muito frio a muito calor). Os parâmetros considerados nesse método são a temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do ar, a temperatura radiante média, o tipo de vestimenta e o metabolismo do indivíduo. Utilizou-se o software de autoria de J. M. Evans, do Centro de Investigação de Habitação e de Energia, FADU, UBA, que se baseia no método de Fanger e segue a norma internacional ISO 7730: 1984. Como resultados, o software apresenta a sensação térmica e a porcentagem de pessoas insatisfeitas para dado ambiente térmico, admitindo-se que as pessoas estejam paradas, sem desenvolver atividades, e com roupas leves. O conforto acústico foi avaliado conforme recomendações de nível de ruído que constam na Tabela 1 da norma brasileira NBR 10152. Os resultados obtidos na pesquisa de campo e os valores recomendados pela norma foram organizados na Tabela 1 para facilitar a comparação. A análise dos resultados quanto ao conforto ambiental é apresentada nas Tabelas 3 e 4, e o conforto térmico foi avaliado pela porcentagem de indivíduos insatisfeitos com o ambiente e o conforto acústico e luminoso de acordo com a exigência ou não aos valores recomendados pela norma.

Em relação ao conforto térmico, o projeto da UNICAMP apresentou um desempenho melhor em comparação ao da COHAB. E na avaliação do conforto acústico, os projetos da UNICAMP e da COHAB apresentaram desempenhos semelhantes na cozinha; porém, no quarto, o projeto da UNICAMP obteve um resultado melhor.

A avaliação do conforto luminoso revelou que os dois projetos apresentaram resultados insatisfatórios de acordo com a recomendação da norma NB-57/1969. Nesse caso, vale ressaltar que o acabamento interno (reboco seguido de pintura) das casas ainda não está concluído. Portanto, faltava a pintura nas paredes internas, importante elemento para refletir a luz natural das aberturas.

Verão			
Projeto da casa do morador	Cômodo	Iluminamento obtido (lux)	Iluminamento recomendado (lux)
COHAB Maria Lázara da Silva	Quarto	251	150
	Cozinha	577	250 a 500
COHAB Adelson B. dos Santos	Quarto	141	150
	Sala	79	150
UNICAMP Regina M. S. Vicente	Quarto	103	150
	Sala	217	150
	Cozinha	166	250 a 500
COHAB Edvaldo F. dos Santos	Quarto	436	150
	Sala	161	150
COHAB Ricardo A. Máximo	Sala	133	150
	Cozinha	306	250 a 500
UNICAMP Antonio R. Gatti	Sala	58	150
	Cozinha	81	250 a 500
UNICAMP Nazareno L. de França	Sala	345	150
	Cozinha	156	250 a 500
UNICAMP Geraldo Godoy	Sala	158	150
	Quarto	51	150
	Cozinha	682	250 a 500
UNICAMP Adailton C. B. da Conceição	Sala	156	150
	Quarto	55	150
	Cozinha	326	250 a 500

Tabela 2 – Avaliação do conforto luminoso (continua)

Inverno			
Projeto da casa do morador	Cômodo	Iluminamento obtido (Lux)	Iluminamento recomendado (lux)
COHAB Maria Lázara da Silva	Quarto	132	150
	Cozinha	442	250 a 500
COHAB Adilson B. dos Santos	Quarto	28	150
	Sala	114	150
COHAB Edvaldo F. dos Santos	Quarto	166	150
	Sala	160	150
COHAB Ricardo A. Máximo	Sala	72	150
	Cozinha	204	250 a 500
UNICAMP Antonio R. Gatti	Sala	126	150
	Cozinha	33	250 a 500
UNICAMP Nazareno I. de França	Sala	170	150
	Cozinha	78	250 a 500
UNICAMP Geraldo Godoy	Sala	162	150
	Quarto	62	150
	Cozinha	303	250 a 500
UNICAMP Adailton C. B. da Conceição	Sala	128	150
	Quarto	319	150
	Cozinha	235	250 a 500

Tabela 2 . Avaliação do conforto luminoso

				Casa do morador	
				Maria Lázara da Silva	Nazareno L. de França
Cômodo	Sala ou quarto	Parâmetro	Térmico	54,6% de insatisfeitos	73,3% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Não
			Iluminação	Sim	Sim
	Cozinha		Térmico	47,1% de insatisfeitos	59,9% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Não
			Iluminação	Sim	Não
				Casa do morador	
				Adelson B. dos Santos	Antonio R. Gatti
Cômodo	Sala ou quarto	Parâmetro	Térmico	64,0% de insatisfeitos	83,3% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Não
			Iluminação	Não	Não
	Cozinha		Térmico	71,0% de insatisfeitos	74,4% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Sim
			Iluminação	Não	Não
				Casa do morador	
				Edvaldo E. dos Santos	Geraldo Godoy
Cômodo	Sala ou quarto	Parâmetro	Térmico	64,2% de insatisfeitos	35,2% de insatisfeitos
			Acústico	Não	Sim
			Iluminação	Sim	Sim
	Cozinha		Térmico	64,8% de insatisfeitos	36,8% de insatisfeitos
			Acústico	Não	Não
			Iluminação	Sim	Sim
				Casa do morador	
				Ricardo A. Máximo	Adailton C. B. da Conceição
Cômodo	Sala ou quarto	Parâmetro	Térmico	90,8% de insatisfeitos	81,8% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Sim
			Iluminação	Não	Sim
	Cozinha		Térmico	85,1% de insatisfeitos	83,7% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Sim
			Iluminação	Sim	Sim

Tabela 3 – Nível de satisfação em relação ao conforto ambiental (verão)

				Casa do morador	
				Maria Lázara da Silva	Nazareno L. de França
Cômodo	Sala ou quarto	Parâmetro	Térmico	40,1% de insatisfeitos	10,2% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Sim
			Iluminação	Não	Sim
	Cozinha		Térmico	38,3% de insatisfeitos	5,3% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Sim
			Iluminação	Sim	Não
				Casa do morador	
				Adelson B. dos Santos	Antonio R. Gatti
Cômodo	Sala ou quarto	Parâmetro	Térmico	85,7% de insatisfeitos	65,8% de insatisfeitos
			Acústico	Não	Sim
			Iluminação	Não	Não
	Cozinha		Térmico	43,5% de insatisfeitos	77,9% de insatisfeitos
			Acústico	Não	Sim
			Iluminação	Não	Não
				Casa do morador	
				Edvaldo F. dos Santos	Geraldo Godoy
Cômodo	Sala ou quarto	Parâmetro	Térmico	65,3% de insatisfeitos	46,2% de insatisfeitos
			Acústico	Não	Não
			Iluminação	Sim	Sim
	Cozinha		Térmico	63,2% de insatisfeitos	36,7% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Não
			Iluminação	Sim	Sim
				Casa do morador	
				Ricardo A. Máximo	Adailton C. B. da Conceição
Cômodo	Sala ou quarto	Parâmetro	Térmico	79,0% de insatisfeitos	15,4% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Não
			Iluminação	Não	Sim
	Cozinha		Térmico	86,2% de insatisfeitos	9,0% de insatisfeitos
			Acústico	Sim	Não
			Iluminação	Não	Não

Tabela 4 – Nível de satisfação em relação ao conforto ambiental (inverno)

## Verificação e aperfeiçoamento da ferramenta AUTOMET

O objetivo principal da verificação e do aperfeiçoamento da ferramenta AUTOMET foi proporcionar um uso seguro desta, já que prefeituras e companhias habitacionais têm demonstrado interesse na utilização desse recurso, independentemente da equipe de criação da ferramenta.

À medida que a ferramenta foi sendo usada e testada para a criação da versão “demo”, detectaram-se e ajustaram-se os erros mais evidentes. Outro ajuste foi a adaptação da AUTOMET da versão *Release 14* para a versão AUTOCAD 2000.

Com a implementação da função-teste no código da AUTOMET, foram feitos muitos projetos variando-se a largura do lote; o tipo de terreno (ativo ou plano); tipo de terreno (central, esquina esquerda ou esquina direita); opção de 2 ou 3 quartos; rua ou avenida lateral e a opção de abrigo. Com isso, a AUTOMET rodava automaticamente concluindo oito projetos para cada entrada de dados ou parâmetros (com frente voltada para o norte, sul, leste, oeste, noroeste, nordeste, sudoeste e sudeste). Ao todo foram gerados e impressos 1.792 projetos. Para a impressão dos projetos criou-se uma folha-teste que organizava os oito projetos de cada entrada de dados. Essas folhas-teste foram ordenadas e analisadas, e os erros encontrados foram classificados. Resolveu-se separadamente cada erro encontrado, tendo-se o cuidado para que a solução de um não afetasse a de outro. Ao final da verificação, efetuaram-se testes que guiavam a solução dos problemas encontrados. Além desses testes, foram feitos testes automáticos da ferramenta para uma avaliação global da segurança do sistema.

## Desenvolvimento de material informativo

Conforme estabelecido no objetivo inicial, três instrumentos de apoio complementar foram desenvolvidos: o Manual do Autoconstrutor (Figura 11), uma página informativa na Web e um apoio mais específico na área das técnicas construtivas que deve funcionar como uma clínica de atendimento ao autoconstrutor.

A partir dos dados levantados e das análises realizadas na primeira pesquisa realizada, desenvolveram-se os conteúdos das mídias. Tal conteúdo foi produzido em sua totalidade, enfocando aspectos de conforto térmico, acústico, funcional e visual. Para cada uma das mídias realizou-se um estudo sobre a forma mais adequada pela qual os textos e imagens deveriam ser representados, levando-se em conta as

características próprias das mesmas, tais como facilidade de leitura, existência de conteúdo não-textual, auxílios à leitura, etc. Dessa forma, criaram-se linguagem e conteúdo uniforme a todo o projeto, sem se esquecer da existência de diferenças de linguagem em cada uma das partes.

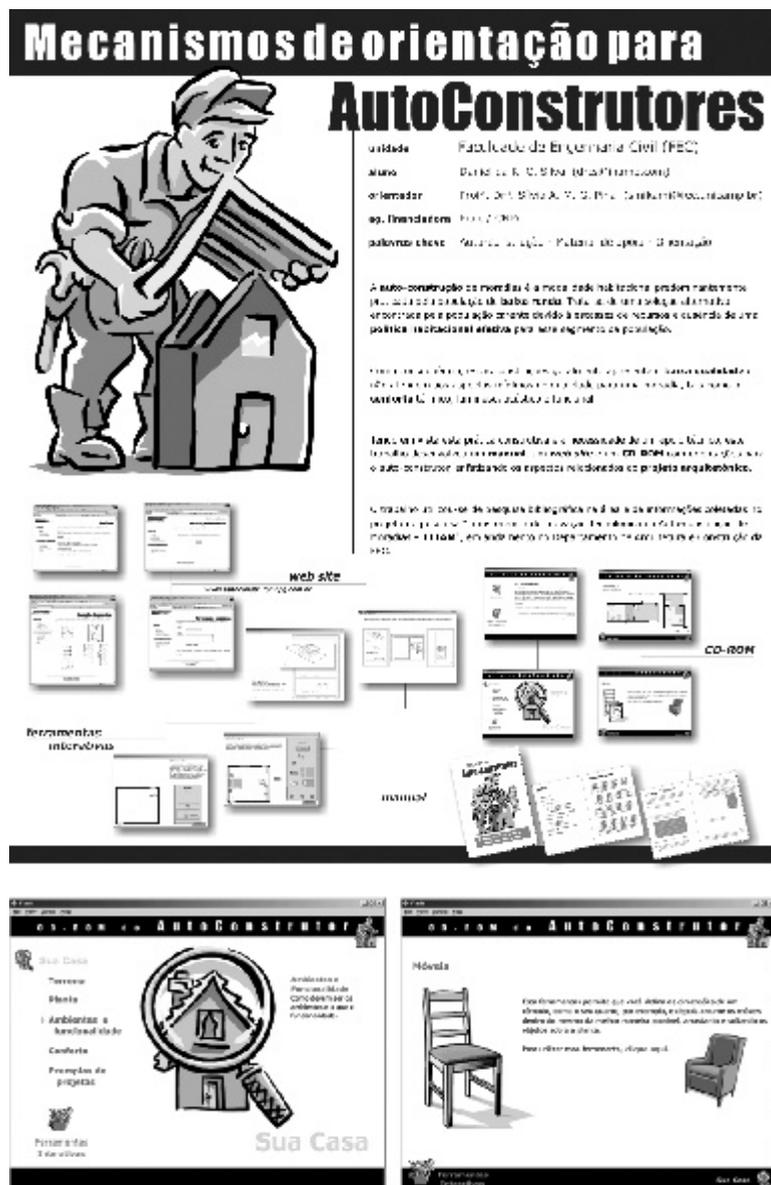


Figura 11 – Ilustração do Manual do AutoConstrutor

Para o manual de orientação realizado em papel, as orientações com enfoque no projeto de arquitetura foram o fio condutor do seu desenvolvimento. As informações para a construção da moradia estão no formato passo-a-passo, iniciando-se pelo terreno, implantação da casa no lote, aspectos funcionais (fluxos, dimensões, aberturas) de cada ambiente, aspectos de conforto térmico, lumínico e acústico, tratamento de áreas livres, acessos e dicas gerais para a construção. A distribuição do manual deverá ser feita juntamente com as plantas das casas, além de outras formas de distribuição previstas na transferência pelo projeto TITAM. Dessa forma, o autoconstrutor poderá ter em mãos orientações e solução das dúvidas mais frequentes que possa vir a ter no que diz respeito ao projeto da moradia que está recebendo ou planejando construir.

O Web site foi desenvolvido para auxiliar o autoconstrutor e sua comunidade, com informações tanto sobre a parte da construção, com dicas, métodos e técnicas, como sobre a parte de projeto nos mesmos moldes do manual e um programa em multimídia interativo, criado para auxiliar o futuro morador quanto a reformulações de projeto e a reformas. Tal tipo de instrumento possui um caráter mais abrangente, observadas as tendências mundiais do uso da informática em prol das comunidades mais carentes e a abrangência cada vez maior da Internet. O *web site* divide-se em duas seções principais: “Sua Casa” e “Ferramentas Interativas”. Na primeira, o usuário encontrará basicamente o mesmo conteúdo do manual de orientação, mas poderá contar com animações e testes para a fixação dos conceitos repassados. Na segunda seção, foram colocadas ferramentas interativas para auxiliar o usuário, de uma maneira mais prática, a tomar decisões na construção de sua moradia. O CD-ROM também foi desenvolvido para auxiliar o autoconstrutor e visa a ser um importante instrumento de auxílio, especialmente em treinamentos orientados, uma das formas de atendimento pretendidos na clínica da autoconstrução<sup>1</sup>. A utilização dessas duas últimas mídias implica um trabalho junto à comunidade em relação a um treinamento na utilização do computador e da Internet, havendo grande preocupação quanto ao público que utilizará essa ferramenta. Os ícones e símbolos utilizados foram os mais simples e diretos possíveis, reportando sempre a relações com o mundo real. O *site* é de fácil uso, mas requer um pré-conhecimento do mundo virtual por parte dos usuários.

<sup>1</sup> O desenvolvimento desse material contou com a participação do aluno Daniel Rocha da Silva, bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

A linguagem e o formato desses instrumentos têm como premissa que os futuros habitantes de uma casa possam perfeitamente participar de seu projeto, em qualquer circunstância em que ele seja desenvolvido. Para isso é necessário que eles sejam informados das conseqüências de sua decisão, relativas ao conforto, ao dimensionamento dos ambientes, ao custo e tempo de realização.

## Considerações finais

Os dados de avaliação final evidenciam que os modelos de projetos propostos pelo TITAM, tais como os mostrados na Figura 12, correspondem às expectativas reais dos usuários. O nível de satisfação do autoconstrutor está relacionado principalmente à área útil da moradia e seu conforto funcional, entre outros aspectos. Isso se deve à metodologia de projeto adotada, o AUTOMET, baseada em projetos elaborados sob aspectos técnicos funcionais apropriados e dados de pesquisa de campo das áreas já existentes. Esses resultados indicam que o objetivo principal do projeto de ação social, o de fornecer condições melhores de vida para a população carente e evitar desperdícios construtivos, foi atingido através da disponibilidade de projetos arquitetônicos de casas adequadamente elaboradas do ponto de vista técnico e com base em conhecimento social, cultural e econômico da região.

A análise dos resultados de transferência de tecnologia demonstrou a eficácia da utilização de uma metodologia automatizada de projeto arquitetônico para atender em um curto espaço de tempo um volume grande de projetos. A experiência de apoio ao autoconstrutor no próprio bairro de moradia, através de um centro de atendimento móvel, foi importante, pois permitiu uma maior interação entre ele, pesquisadores e bolsistas da comunidade científica, tornando possível uma retroalimentação da própria metodologia. Ficou evidente a importância do material de apoio ao projeto, como o Manual de Orientação ao AutoConstrutor, com informações adicionais sobre o projeto, principalmente em relação à funcionalidade e ao conforto ambiental.

Quanto ao projeto, percebeu-se que o sonho da casa própria cria expectativas na população, muitas vezes impossíveis de serem realizadas. A impossibilidade de realização está vinculada principalmente com as características geométricas dos lotes residenciais e as restrições impostas pelo código de obras em vigor nos loteamentos. De outro lado, a experiência da transferência de tecnologia demonstrou a possibilidade de transmitir informações técnicas a essa população, com explicações que orientaram tecnicamente melhor a realização do projeto da casa dentro da legalidade e de uma qualidade de vida desejável. É importante notar que, a partir do contato

direto dos pesquisadores e bolsistas com a população, foi possível, em alguns casos, atender a desejos individuais dentro de um ambiente automatizado. O envolvimento dos bolsistas<sup>2</sup> proporcionou um maior contato dos alunos universitários com a realidade habitacional, permitindo também a aplicação prática e real dos conhecimentos adquiridos em tecnologia construtiva. Tal oportunidade também contribui para a conscientização da responsabilidade social desses futuros profissionais.



Figura 12 – Projeto TITAM: moradias autoconstruídas

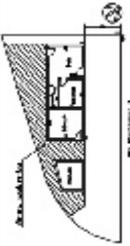
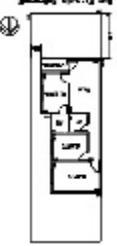
O desenvolvimento da metodologia automatizada de projeto arquitetônico AUTOMET e a ação de cooperação, através da transferência de inovação tecnológica, são iniciativas singelas na busca de melhoria da qualidade das moradias autoconstruídas nas regiões carentes. A precariedade das condições das habitações requer uma estratégia mais abrangente, que proporcione ao autoconstrutor orientação e acompanhamento técnico da construção e uma política de atuação eficiente, atuação esta que transcende a própria casa e atinge também as condições do bairro. Para efetivar a melhoria das condições habitacionais da população carente, faz-se necessária, principalmente, a adoção de projetos urbanísticos apropriadamente desenvolvidos que propiciem aos seus moradores condições ambientais, sanitárias, de lazer e cultura e de acessibilidade.

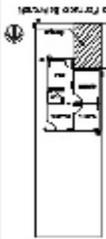
118

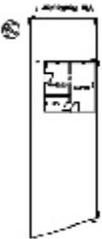
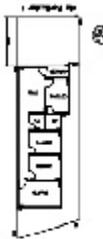
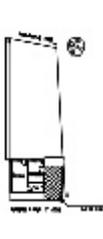
## Anexo A

Tabela de projetos fornecidos aos moradores com modificações introduzidas no Jardim Conceição, Sosas – Campinas (SP)

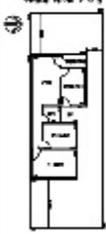
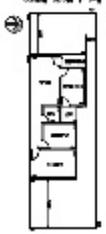
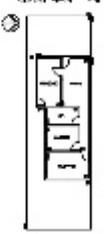
<sup>2</sup> Participaram do projeto TITAM acadêmicos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.

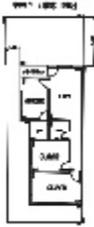
N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
1	12/06/99	Reginaldo Rosa dos Santos	Jd. Conceição Lote 1 Q. 4	Moradores: 3	Largura: 2,99 (frente), 19,09 (fundo) Comprimento: 11,21/1,25 m Tipo: esquina Frente: NO	
2	26/06/99	Cleber Aparecido	Jd. Conceição Lote 1C Q. 4	Moradores: -	Largura: 5,88 (frente), 9,70 (fundo) Comprimento: 15,14/21 m Tipo: esquina esquerda Frente: SE	
3	26/06/99	Roseli Ferreira Costa	Jd. Conceição Lote 1F Q. 4	Moradores: 15 Construção etapas	Largura: 6 (frente), 8,86 (fundo) Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: SE	
4	29/06/99	Ana Aurora Avelino	Jd. Conceição Lote 1C Q. 4	Moradores: 5 Construção etapas	Largura: 7,97 (frente), 6,50 (fundo) Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: SE	
5	26/06/99	Raimunda Elizabeth de Lima	Jd. Conceição Lote 1H Q. 4	Moradores: 3 Construção etapas	Largura: 7 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: SE	
6	17/06/99	João Francisco de Souza	Jd. Conceição Lote 1I Q. 4	Moradores: 6 Construção etapas 3º quarto Abrigo Produção/Serviço	Largura: 7 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: SE	

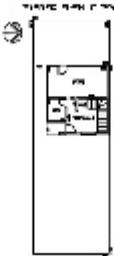
N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
7	25/05/99	Ronaldo Ângelo Curres	Jd. Conceição Lote 11 Q. 4	Moradores: 3	Largura: 7 m Comprimento: 21 F Tipo: central Frente: SE	
8	29/05/99	Claudiaval Adão de Camargo	Jd. Conceição Lote 1 Q. 4	Moradores: 5 Construção etapas 3º quarto Abrigo Produção/Serviço	Largura: 8,86 (frente); 6,09 (fundo) Comprimento: 21 F Tipo: central Frente: SE	
		Adão da Silva Rodrigues	Jd. Conceição Lote 1 Q. 4	Moradores: 3 Construção etapas	Larg.: 8,84   6,78 (frente); 5,95 (fundo) Comprimento: 21,73/22,93 m Tipo: central Frente: SE	
9	15/06/99	Rogério da Silva Rodrigo	Jd. Conceição Lote 1N Q. 4	Moradores: 3	Largura: 8,45 (frente); 6,02 (fundo) Comprimento: 21 F Tipo: esquina Frente: SE	
		Claudete Siqueira	Jd. Conceição Lote 2 Q. 4	Moradores: 4	Largura: 9 (frente); 9,66 (fundo) Comprimento: 13,21/16,71 m Tipo: central Frente: NE Avenida: frente	
10	15/06/99	Aliaia Leite Felix Braga	Jd. Conceição Lote 3 C. 1	Moradores: 2	Largura: 7 (frente); 7,51 (fundo) Comprimento: 16,71/19,44 m Tipo: central Frente: NE Avenida: frente	

N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do site	Obra
11	19/06/99	Grilene Oliveira da Rocha	Jd. Conceição Lote 4 Q. 4	Moradores: 5	Largura: 7 (frente), 7,25 (fundo) Comprimento: 21,33/19,44 m Tipo: central Frente: NE Avenida: frente	
12	19/06/99	Antônio Valentim Callis	Jd. Conceição Lote 5 Q. 4	Moradores: 6	Largura: 7 (frente), 7,25 (fundo) Comprimento: 21,33/23,22 m Tipo: central Frente: NE Avenida: frente	
13	19/06/99	Maria José de Freitas	Jd. Conceição Lote 6 Q. 4	Moradores: 6	Largura: 7,14 (frente), 3,53/16,26 (fundo) Comprimento: 23,22/19,15 m Tipo: esquina direita Frente: NE Avenida: frente	
14	26/06/99	Amilton da Silva Rodrigues	Jd. Conceição Lote 9 Q. 4	Moradores: 6 3º quarto	Largura: 7,78 (frente), 9,09 (fundo) Comprimento: 21,70/25,05 m Tipo: central Frente: NE	
15	27/06/99	Paulo de César de Aze	Jd. Conceição Lote 10 Q. 4	Moradores: 4 3º quarto Abrigo	Largura: 7 m Comprimento: 27 m Tipo: central Frente: NE	
16	26/06/99	João B. de Jesus Souza	Jd. Conceição Lote 11 Q. 4	Moradores: 3 Construção etapas	Largura: 7,01 (frente), 8,10 (fundo) Comprimento: 26/25,65 m Tipo: central Frente: NE	

N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Ferimentos do projeto	Características do lote	Obra
17	26/06/99	Domingos F. de Calmo Costa	Jd. Conceição Lote 12 Q. 4	Moradores: 12 Construção etapas 3- quarto	largura: 7 (frente); 7,69 (fundo) Comprimento: 26,65/28,99 m Tipo: central Frente: NE	
18	26/06/99	Carlos Roberto Miranda	Jd. Conceição Lote 13 Q. 4	Moradores: 6 Construção etapas 3- quarto Abrigo	largura: 7 m Comprimento: 27/26,99 m Tipo: central Frente: NE	
19	29/05/99	João Pereira de Souza	Jd. Conceição Lote 14 Q. 4	Moradores: 5	largura: 7 m Comprimento: 27 m Tipo: central Frente: NE	
20	12/06/99	Raimundo Lima Gomes	Jd. Conceição Lote 18 Q. 4	Moradores: 4 Construção etapas	largura: 7 m Comprimento: 27 m Tipo: central Frente: NE	
21	03/03/00	Edineia Pereira de Jesus	Jd. Conceição Lote 22 Q. 4	Moradores: 4 Construção etapas	largura: 7,46 (frente); 7,40 (fundo) Comprimento: 18,93/19,83 m Tipo: central Frente: L	
22	29/05/99	José O. Fernandes	Jd. Conceição Lote 7A Q. 9	Moradores: 4 Construção etapas	largura: 14,86 (frente); 3,6 (fundo); Comprimento: 27 m Tipo: esquina direita Frente: O Avenida: frente	

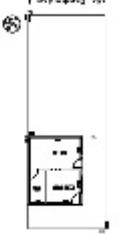
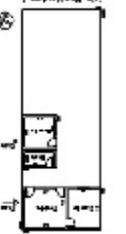
N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
23	29/05/99	Katúcia F. Leite	Jd. Conceição Lote 1B Q. 9	Moradores: 4	Largura: 7,7 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: O	
24	29/05/99	Arnau de Barros	Jd. Conceição Lote 1C Q. 9	Moradores: 3 3º quarto Aluguel Construção etapas	Largura: 7 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: O	
25	12/06/99	Alcicleide R. Moura	Jd. Conceição Lote 1C1 Q. 9	Moradores: 5 Construção etapas	Largura: 7,81 (frente), 7,08 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NF	
26	29/05/99	Ana Lúcia da Silva	Jd. Conceição Lote 1D Q. 9	Moradores: 3	Largura: 7 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: O Avenida: frente	
	19/06/99	Maria Helena A. Lujes	Jd. Conceição Q. 9	Moradores: 4	Largura: 7,81 (frente), 7,08 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: J	
27	29/05/99	Corrado de Godoy	Jd. Conceição Lote 1E Q. 9	Moradores: 5	Largura: 7 (frente), 8,52 (fundo) Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: O Avenida: frente	

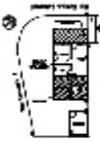
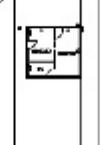
N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
27 cont.	29/05/99	Ronaldinho Palmieri	Jd. Conceição Lote 1E' Q. 9	Moradores: 3	Largura: 7,81 (frente); 7,08 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NE	
28	29/05/99	5 filhos Nunes Coimbra	Jd. Conceição Lote 1F Q. 9	Moradores: 2	Largura: 7 (frente); 8,93 (fundo) Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: O	
29	29/05/99	Sérgio dos S. Ribeiro	Jd. Conceição Lote 1C Q. 9	Moradores: 7	Largura: 7 (frente); 8,96 (fundo) Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: O	
30	29/05/99	Ivone Otília Ventura	Jd. Conceição Lote 111 Q. 9	Moradores: 6 3º quarto	Largura: 7,81 (frente); 7,08 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NE	
31	12/06/99	José Niro Guimarães	Jd. Conceição Lote 1U Q. 9	Moradores: 4 Abrigo 3º quarto	Largura: 7 (frente); 8,56 (fundo) Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: NO	
32	29/05/99	Luciano B. da Conceição	Jd. Conceição Lote 1L1 Q. 9	Comércio (const. em etapas) Moradores: 6	Largura: 7,39 (frente); 7,07 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NE	

N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Particular do projeto	Características do lote	Obra
32 cont	26/06/99	Dagoberto Peres Martins	Jd. Conceição Lote 1M Q. 9		Largura: 7,30 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: SC Avenida Frente	
	26/06/99	Ronaldo Gimadum	Jd. Conceição Lote 1M Q. 9	Moradores 4	Largura: 7 m Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NE	
	12/06/99	José Ap. de Souza	Jd. Conceição Lote 1N Q. 9	Moradores: 3 Abrigo Construção etapas	Largura: 7,3 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: O	
33	19/06/99	José Carlos Campos Silva	Jd. Conceição Lote 1O1 Q. 9	Moradores: 4 Construção etapas	Largura: 7 m Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NE	
	11/07/00	Guilhermina M. C. da Silva	Jd. Conceição Lote 1P Q. 9	Moradores 3 Abrigo 3º quarto	Largura: 7,30 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: SC	
	19/06/99	Marco Antônio de Moraes	Jd. Conceição Lote 1P1 Q. 9	Moradores 4	Largura: 7 m Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NE Avenida Frente	

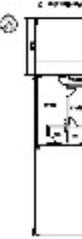
N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
34	25/05/99	Luís Antônio Silveira	Jc. Conceição Lote 1021 Q. 9	Módulos: 4	Largura: 11 m Comprimento: 18 m Tipo: esquina esquerda Frente: SE Avenida: frente	
	26/06/99	Edmilson F. dos Santos	Jc. Conceição Lote 1R Q. 9	Módulos: 2	Largura: 18,16/0,85 m Comprimento: 27,21/21 m Tipo: esquina esquerda Frente: O	
	19/06/99	Renato Francisco Ferreira	Id. Conceição Lote 151 Q. 9	Módulos: 4 Construção etapas	Largura: 7 m Comprimento: 13 m Tipo: central Frente: NE Avenida: frente	
35	29/09/99	José V. do Amaral	Jc. Conceição Lote 15 Q. 9	Módulos: 6 Abrigo Construção etapas Def. físico	Largura: 7 (frente), 8,27 (fundo) Comprimento: 13 m Tipo: central Frente: SO	
	25/05/99	Reginaldo D. Simão	Id. Conceição Lote 1T Q. 9	Módulos: 3 3º quarto Abrigo Construção etapas	Largura: 7 (frente), 8,27 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: SO	
	19/06/99	José Antônio Pereira	Id. Conceição Lote 1V Q. 9	Módulos: 7 Construção etapas	Largura: 7 (frente), 8,27 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NCO Avenida: frente	

N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
36	29/05/99	Isaias N. Santana	Id. Conceição Lote 1X Q. 9	Abradores: 5	Largura: 7 (frente), 8,57 (fundo) Comprimento: 8 m Tipo central Frente: SO	
						
37	12/06/99	José Antônio de Souza	Id. Conceição Lote 2 Q. 9	Moradores: 4 Def. físico	Largura: 7 m Comprimento: 8 m Tipo central Frente: E	
						
38	12/06/99	Dendi Pereira dos Santos	Id. Conceição Lote 3 Q. 9	Moradores: 2	Largura: 7,2 (frente), 7 (fundo) Comprimento: 8 m Tipo central Frente: E	
						
39	12/06/99	Zuleika Sueli G. Azeite	Id. Conceição Lote 4 Q. 9	Moradores: 9 Atorço Construção etapas	Largura: 8,3 (frente), 7 (fundo) Comprimento: 8 m Tipo central Frente: E	
411	19/06/99	Allair Ribeiro de Jesus	Id. Conceição Lote 6 Q. 9	Abradores: 5	Largura: 8,50 (frente) / (fundo) Comprimento: 18 m Tipo central Frente: NE	

N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
41	12/06/99	Paulo R. Ventura da Silva	Id. Conceição Lote 8 Q. 9	Moradores: 2	Comprimento: 18 m Tipo: central Fronto: NE	
42	12/06/99	Nazareno Luiz de Fregi	Id. Conceição Lote 9 Q. 9	Moradores: 7	Comprimento: 16 m Tipo: central Fronto: NE	
43	11/07/00	Aguiar Helena M. da Silva	Id. Conceição Lote 10 Q. 9	Moradores: 4	Comprimento: 15 m Tipo: central Fronto: NE	
44	12/06/99	Dionir Leal	Pq. Imperial Sousas Lote 11 Q. 9	Moradores: 4 Abrigo Construção elíptica	Comprimento: 18 m Tipo: central Fronto: NE	
45	12/06/99	José Gonçalves Idaligo	Id. Conceição Lote 13 Q. 9	Moradores: 7	Comprimento: 18 m Tipo: central Fronto: NE	
46	19/06/99	Rodrigo da Abreu Thirica	Id. Conceição Lote 15 Q. 9	Moradores: 4	Comprimento: 10,5 – 8,3/18 m Tipo: esquina escudada Fronto: NE	

N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
47	12/06/99	Manuel Inácio Xavier	Jd. Conceição Lote 16 Q. 9	Moradores: 3 Abrigo	Largura: 8,84/6,55 m Comprimento: 19 m/12,02+9,52 Tipo: Esquina direita Frente: SO	
48	12/06/99	Carlos Alves de Souza	Jd. Conceição Lote 17 Q. 9	Moradores: 7 Abrigo 3º quarto Construção etapas Sobrado	La: 5,07 + 10,92 (frente), 3,45 (fundo) Comprimento: 22,17/19,48 m Tipo: Irregular Frente: NO	
49	12/06/99	José Marcondino Ribeiro	Jd. Conceição Lote 19 Q. 9	Moradores: 4	Largura: 8,6 (frente), 7,67 (fundo) Comprimento: 13/18,2 m Tipo: central Frente: I	
50	12/06/99	José A. Aleixo Bascos	Novo Im pério /Souzas Lote 14 Q. 9	Moradores: 2 Comércio Construção etapas	Largura: 7 m Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: SE	
51	12/06/99	Ricardo Ap. Máximo	Novo Im pério /Souzas Lote 18 Q. 9	Moradores: 13 Abrigo 3º quarto	Largura: 7,97/6,79 m Comprimento: 18/10,06+11,63 Tipo: Esquina Frente: NF	
52	12/06/99	Maia Tomaz da Conceição	Novo Im pério /Souzas Lote 26 Q. 9	Moradores: 4 Construção etapas	Largura: 7 m Comprimento: 20 m Tipo: central Frente: SO	
	19/06/99	Cleto Pedro de Goes	Jd. Conceição Lote 28 Q. 9	Moradores: 5	Largura: 7,15 (frente), 7 (fundo) Comprimento: 19,39 m Tipo: central Frente: O Avançada frente	

N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Ora
53	12/06/99	Valdeci Dias	Novo Império / Sousas Lote 33 Q. 9	Moradores: 4	Largura: 7,50 (frente); 9,37 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: SO	
54	12/06/99	Marcelo Rodrigo de Silva	Pq. Imperial / Sousas Lote 15 Q. 9	Moradores: 4 Construção etapas	Largura: 8,3 (frente); 7 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: F	
55	12/06/99	Lindomar Pereira de Silva	Pq. Imperial / Sousas Lote 1A Q. 9	Moradores: 4 Abrigo Construção etapas	Largura: 7 (frente); 9,27 (fundo) Comprimento: 16,61 (esq.); 18,72 (direito) Tipo: central Frente: SO	
56	12/06/99	Aníbal Cardoso de Souza	Pq. Imperial / Sousas Lote 1H1 Q. 9	Moradores: 5 Abrigo Construção etapas	Largura: 7,81 (frente); 7,08 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: NE	
57	12/06/99	Ináé Moreira Costa	Pq. Imperial / Sousas Lote 1L Q. 9	Moradores: 2 Abrigo Construção etapas	Largura: 7,3 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: O Largura: 8,6 Comprimento: 21,17 (esq.); 18 (direito) Tipo: central Frente: NE	
58	12/06/99	Francisco Amaral Filho	Pq. Imperial / Sousas Lote 21 Q. 9	Moradores: 7		

N.	Data do azeandimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do lote	Obra
59	12/06/99	Carlos R. Murssegnatti	Pq. Imperial/Sousas Lote 22 Q. 9	Moradores: 6 Construção etapas	Largura: 18,3,62 m Comp: 2,51+4,44+6,35=6,35/22,97 Tipo: irregular Frente: NO	
60	12/06/99	Zulmira da C. V. Maurício	Pq. Imperial/Sousas Lote 21 Q. 9	Moradores: 7 Comércio Construção etapas	Largura: 9 m Comprimento: 18 m Tipo: esquina esquerda Frente: O	
61	12/06/99	Jose Pinho Pereira	Pq. Imperial/Sousas Lote 24 Q. 9	Moradores: 9 Abrigo 3º quarto	Largura: 7 m Comprimento: 20 m Tipo: central Frente: SO	
62	12/06/99	Audilizon Barros dos Santos	Pq. Imperial/Sousas Lote 25 Q. 9	Moradores: 9 Construção etapas	Largura: 7 m Comprimento: 20 m Tipo: central Frente: SO	
63	12/06/99	Artêmio Raimundo Cath	Pq. Imperial/Sousas Lote 27 Q. 9	Moradores: 5 3º quarto Construção etapas	Largura: 7,07 (frente), 7 (fundo) Comprimento: 20 m Tipo: central Frente: SO	
64	12/06/99	Jorge Gusmão Souza	Pq. Imperial/Sousas Lote 29 Q. 9	Moradores: 4 Comércio Construção etapas	Largura: 7 (frente), 7,12 (fundo) Comprimento: 18,04 m Tipo: central Frente: SO	

N.	Data do atendimento	Nome	Local do lote	Parâmetros do projeto	Características do site	Obra
65	12/06/99	Jaime Ap. R. de Jesus	Pc. Imperial/Sousas Lote 30 Q. 9	Moradores: 4	Largura: 8,3 (frente), 7 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: SE	
66	12/06/99	Cláudio A. R. de Jesus	Pc. Imperial/Sousas Lote 31 Q. 9	Moradores: 5 3º quarto Construção etapas	Largura: 7,13 (frente), 7,81 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: SO	
67	12/06/99	Genaldo P. de Silva	Pc. Imperial/Sousas Lote 34 Q. 9	Moradores: 5 Abrigo Construção etapas	Largura: 7,20 (frente), 8,37 (fundo) Comprimento: 18 m Tipo: central Frente: SO	
68	12/06/99	José N. F. de Almeida	Pc. Imperial/Sousas Lote 37 Q. 9	Moradores: 5 3º quarto Construção etapas	Larg.: 3,6 / 7,73 Comprimento: 18 / 20,08 - 4,42 Tipo: escuna esquerda Frente: NE	
69	26/06/99	Dagoberto Peves Martins	Jd. Condição Lote 1M Q.9		Largura: 7,30 m Comprimento: 21 m Tipo: central Frente: SO Avenida: Frente	

## Bibliografia

ANDREOLI, M. M.; GUELPA, D. F. V. **Aplicação de projeto assistido por computador ao projeto de arquitetura**: um sistema de apoio a alocação de espaço. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Dep. de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1993.

ANDRES, C. **Great web architecture**. EUA: IDG Books, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Avaliação de ruídos em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

AUTOCAD R. 14. Reference Manual, Autodesk Inc.

AUTOCAD 2000. Reference Manual, Autodesk Inc.

BERTOLI, S. R.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; BARROS, L. A. F., Avaliação de desempenho acústico em creches de conjuntos habitacionais de interesse social: o caso de Projeto Padrão. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., Fortaleza, 1999. **Anais...** 1999.

BOUDON, P. **Lived: in architecture**. Cambridge: MIT Press, 1969.

CHVATAL, K. M., LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Casas populares de Campinas: estudo de sua adequação ao conforto térmico. In: ENCONTRO NACIONAL, 3., e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., Gramado/RS, 1995. **Anais...** 1995.

COOPER, C. C. **The houses as a symbol of the self**. Berkeley: Institute of Urban and Regional Development, Reprint, n. 22, 1974.

CROSS, N. (Ed.). **Developments in design methodology**. New York: Wiley, 1984.

CRUZ, A. O. Métodos e técnicas da avaliação pós-ocupação em habitações autoconstruídas. In: NUTAU'96, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAU/USP, 1996.

DUARTE, D. H. S. Recomendações de projeto visando condicionamento térmico natural em climas compostos: o caso de Cuiabá. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., Rio de Janeiro, 1995. **Anais...** 1995.

FANGER, O. **Thermal comfort: analysis and application in environmental engineering.** Copenhagen: [s. n.], 1970.

FLEMMING, U. **More than the sum of parts: the grammar of Queen Anne houses: environment and planning b: planning and design.** 1987, v. 14, p. 323-350.

FRIEDMAN, Y. Uma utopia realizada: o ABC do construtor. **Revista O Correio da Unesco**, Rio de Janeiro, ano 4, n. 8, p. 21-23, ago. 1976.

FROTA, A. B.; SCHIFFER S. R. **Manual de Conforto Térmico.** São Paulo: Nobel, 1995.

GRANT, D. P. Satisfying complex objectives for environmental relationships using the methods of. In: **Architectural floor plan development**, v. 26, n. 4, p. 1672-1712, Oct./Dec. 1992.

\_\_\_\_\_. Planar graphs and their duals. In: **Architectural Floor Plan Development.** v. 27, n. 1, p. 1724-1764, Jan./Mar. 1993.

\_\_\_\_\_. Design Methods. **Architectural Floor Plan Development.** v. 27, n. 2, p. 1792-1812, Apr./Jun. 1993.

GROSS, P. E.; ROBERTS, J. **Director 7 demystified: the official guide to director 7 shockwave internet studio.** EUA: Peachpit Press, 1999.

GUIMARAENS, D.; CAVALCANTI, L. **Arquitetura kitsch: suburbana e rural.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

HALL, J. N. **Effective Perl Programming: writing better programs with Perl.** EUA: Addison-Wesley, 1998.

HAMDI, N. **Housing without houses, participation, flexibility, enablement.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

HEAD, G. O. **AutoLisp in plain english: a practical guide for non-programmers.** EUA: Ventana Press; [S.l.]: Chapel Hill, 1989.

HEAD, J. O. **AutoCAD 3D companion.** EUA: Ventana Press, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730:** Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 2<sup>nd</sup> edition, 1994.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual de tipologias de projeto e de racionalização das intervenções por ajuda-mútua.** Divisão de Edificações. Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, São Paulo: IPT, 1987.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual de Orientação para Construção por Ajuda Mútua,** Divisão da Edificação, São Paulo: IPT, 1985.

KELLETT, P.; NAPIER, M. Squatter architecture as vernacular: examples from South America and South Africa. In: TRADITIONAL DWELLINGS AND SETTLEMENTS WORKING PAPERS SERIES. 1994. v. LX, 1-48, p. 1-34.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Metodologia e CAD em projeto arquitetônico. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: COMPUTAÇÃO, ARQUITETURA EM URBANISMO. 1992. **Anais...** São Paulo: FAU/USP, 1992.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C. The missing attributes of the new vernacular: a brazilian example. In: TRADITIONAL DWELLINGS AND SETTLEMENTS WORKING PAPER SERIES. 1996. v. 99, p. 2-33.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G. Transformações de casas populares: uma avaliação. IN: ENCONTRO NACIONAL, 3., e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., Gramado/RS. **Anais...** 1995.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Aesthetics and self-built houses: an analysis of a brazilian setting. In: HABITAT INTERNATIONAL. 1998. v. 22, n. 3, p. 299-312.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; ROLLA, E. O projeto de edícula como casa popular e seus problemas de conforto. In: ENCONTRO NACIONAL, 3., e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., Gramado/RS. **Anais...** 1995.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C. **Elementos sociais e culturais da casa popular Campinas-SP**. 1995. Relatório Científico - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas/SP.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **Uma metodologia de projeto para a casa popular na cidade de CAMPINAS/SP**. 1995. Relatório Científico - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas/SP.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Examples of user representation in brazilian housing and the need for professional support in the self-building process. In: TECKLENBURG et al. (Ed.). **Shifting balances, changing roles in policy, research and design**. IAPS 15, Eirass European Institute of Retailing and Services Studies. 1998.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares na região de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., Fortaleza. **Anais...** 1999.

LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Projetos padrão de Conjuntos Habitacionais de Campinas e seu conforto térmico: análise de possíveis melhorias. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., Rio de Janeiro. **Anais...** 1995.

136

LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Bioclimatic and vernacular design in urban settlements of Brazil. **Building and Environment Journal**, v. 33, n. 1, p. 63-77, 1998.

LIU, S. R.; VAKALÓ, E. G. Capturing the form-making process: a study of the plans of seven ando houses. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SYSTEMS RESEARCH, INFORMATICS AND CYBERNETICS, 4., 1993, Baden-Baden, Germany. **Proceedings...** p. 53-62.

MARICATO, E. **A produção capitalista da casa e da cidade**. São Paulo: Alfa-Ômega, 1979.

MASCARÓ, L. R. **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1989.

MITCHELL W. J. **The logic of architecture: design computation and cognition**. Cambridge: The MIT Press, 1990.

MITCHELL, W. J.; MCCULLOUGH, M. **Digital design media**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995.

MORETTI, R. S. **Normas urbanísticas para habitação de interesse social**. São Paulo: IPT/FINEP, 1997.

MOTTA, C. F. A. **Nível de satisfação em conjuntos habitacionais da Grande São Paulo**. São Paulo: IPT, FAPESP, 1975.

NOBRE, A. L. Materiais didáticos para formação de autoconstrutores em países em vias de desenvolvimento: proposta de um sistema multimídia. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS PRÉ-MOLDADOS E AUTOCONSTRUÇÃO, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1995.

ORNSTEIN, S. W.; ROMÉRO, M. A.; CRUZ, A. de O. Avaliação funcional e do conforto ambiental de habitações autoconstruídas: o caso do município de São Paulo. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS PRÉ-MOLDADOS E AUTOCONSTRUÇÃO. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1995.

PATARRA, N. et al. **Migrações, condições de vida e dinâmica urbana**. Campinas: IE; UNICAMP, 1994.

PASTERNAK TASCHNER, S.; MAUTNER, Y. **Habitação da pobreza**. São Paulo: FAU; USP, 1982.

PINA, S. A. M. G. **As áreas habitacionais populares nas cidades médias paulistas: o caso de Limeira**. 1991 Dissertação (Mestrado) - EPUSP, São Paulo, 1991.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes para projetos habitacionais populares em Campinas/SP.**

1999. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1999.

PINA, S. A. M. G.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Arquiteturas do morar: comportamento e espaço concreto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL PSICOLOGIA E PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Rio de Janeiro, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. População: Região de Campinas. **Sumário de Dados**, Campinas, n. 1, 1993.

PREISER, W. F. E.; RABINOWITZ, H. Z.; WHITE, E. T. **Post occupancy evaluation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.

RAPOPORT, A. On the attributes of tradition. In: BOURDIER, J-P; ALSAYYAD, N. (Ed.). **Dwellings, settlements and tradition: cross-cultural perspectives**. New York: Lanham, 1989. p. 77-106.

\_\_\_\_\_. Spontaneous settlements as vernacular design. In: PATTON, C. V. **Spontaneous shelter: international perspectives and prospects**. [S.l.]: Temple University Press, 1988.

ROMÉRO, M. A.; ORNSTEIN, S. W.; CRUZ, A. de O. Avaliação dos aspectos construtivos de habitações autoconstruídas: o caso do município de São Paulo. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS PRÉ-MOLDADOS E AUTOCONSTRUÇÃO, São Paulo, 1995. p. 41-44.

ROWE, P. **Modernity and housing**. Cambridge: MIT Press, 1993.

138

SAMPAIO, M. R.; LEMOS, C. A. C. **Habitação popular paulistana autoconstruída**. 2. ed. São Paulo: FAU/USP, 1984.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria de Economia e Planejamento. **Construção de moradias na periferia de São Paulo: aspectos sócio-econômicos e institucionais**. São Paulo, 1979.

SCHMITT, G. N. **Architectura e machina**. Zuerich: Eidgenoessische Technische Hochschule, 1997.

- SERRA, G. G. Self-help housing builders and the urban environment In: IAPS, 14., 1996. **Anais...** Stockholm , Suécia,
- STALLEN, M.; CHABANNES, Y.; STEINBERG, F. Potentials of prefabrication for self-help and mutual-aid housing in developing countries. In: HABITAT INTERNATIONAL, 1994. London: Pergamon Press. p. 13-39.
- STINY, G.; GIPS, J. Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. In: FREIMAN, C. V. (Ed.). **Information processing**. Amsterdam, North Holland, 71, p. 1460-1465, 1972.
- STINY, G.; MITCHELL, W. J. The Palladian grammar. In: **Environment and Planning B5**, n. 1, p. 5-18, 1978.
- SZUECS, C. P. Autoconstrução: desafio profissional. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS PRÉ-MOLDADOS E AUTOCONSTRUÇÃO, NUTAU, 1995. **Anais...** São Paulo: FAU-USP, 1995.
- THERMAL Environmental Conditions for Human Occupancy. American National Standards Institute – ASHRAE (ANSI/ASHRAE), 55, 1992.
- TURNER, J. F. C. **Housing by people:** towards autonomy in building environments. London: Marion Boyars Publishers, 1976.
- VIVIESCAS, F. Myth of self-build as popular architecture: the case of low-Income housing in Colombian Cities. In: **Open House International**, n. 4, 1985, p. 44-48, 1985.
- WARD, P. **Self-help housing:** a critique. [S.l.]: Mansell Press, 1982.
- WHITEHEAD, B.; ELDARS, M. Z., An approach to the optimum layout of single-stored buildings. In: **Architects' Journal**, n. 17, p. 1373-1379, 1964.

**Ana Lúcia R. M. F. da Costa** é arquiteta pela Universidade Gama Filho do Rio de Janeiro (1986). Mestre em História pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Pesquisadora da Fundação de Tecnologia do Acre - FUNTAC atuando como profissional autônoma. Professora substituta na Universidade Federal do Acre - UFAC em 2002 no Departamento de História.  
E-mail: anaconda@mdnet.com.br

**Mário Jorge dos Santos Ferreira** é tecnólogo em Construção Civil - Edificações (1992) pela Universidade Federal do Acre - UFAC. É técnico especializado da Fundação de Tecnologia do Acre - FUNTAC, na área de Novas Tecnologias para Construção Civil.  
E-mail: funtac@osite.com.br

**Willian Abreu da Silva** é tecnólogo em Construção Civil (1992) pela Universidade Federal do Acre - UFAC. É servidor da Fundação de Tecnologia do Acre - FUNTAC, na área de Controle Térmico de Obras com destaque para o concreto.  
E-mail: funtac@osite.com.br

**Irimar Soares de Brito** é tecnólogo em Construção Civil (1992) pela Universidade Federal do Acre - UFAC. É servidor da Fundação de Tecnologia do Acre - FUNTAC, nas áreas de Sistemas Construtivos para Habitação Popular e Produção de Tijolo-Solo-Cimento.  
E-mail: funtac@osite.com.br

# 6.

## Moradia popular – Alternativas para a Amazônia

Ana Lúcia R. M. F. da Costa, Mário Jorge dos Santos Ferreira, Willian Abreu da Silva e Irimar Soares de Brito

### Resumo

O projeto Habitação Popular – Alternativas para a Amazônia, realizado entre 1993 e 1999, teve como objetivos principais elevar o nível de qualidade da moradia popular, ampliar a gama de tecnologias disponíveis no mercado e transferir as tecnologias geradas para o setor da Construção Civil, em especial no setor habitacional do Estado do Acre. Sua execução foi dividida em quatro subprojetos:

- **Subprojeto I:** Diagnóstico da Situação Atual;
- **Subprojeto II:** Critérios Urbanísticos;
- **Subprojeto III:** Infra-Estrutura Básica; e
- **Subprojeto IV:** Moradia Popular.

O presente artigo está mais focado nos resultados do Subprojeto IV – Moradia Popular, que estudou a madeira e a cerâmica e seus componentes como insumos da construção civil no Estado do Acre.

O Projeto teve como parceiros fundamentais, tanto para apoio como transferências das pesquisas, as seguintes instituições: Sindicato dos Madeireiros de Rio Branco, Centro de Tecnologia da Madeira (CETEM), ARCA Premoldados S.A., Associação de Parentes e Amigos Dependentes Químicos (APADEQ), Universidade Federal do Acre (UFAC), Prefeitura Municipal de Rio Branco e SEBRAE.

# 1 Histórico e evolução

*Numa síntese impressionista, é assim o Acre: planície, rios, floresta. Seringueira, castanheira, calor e umidade, situado num extremo em que a distância e a fraca densidade populacional acentuam a sensação de isolamento.*

Cleusa Maria Damo Rarcy (1992)

A descoberta da vulcanização, em 1839, nos Estados Unidos, a invenção do automóvel, em 1870, na Alemanha, e, conseqüentemente, a invenção do pneumático e a produção em série de automóveis, aliadas a outros acontecimentos fortuitos como a famigerada “seca dos três setes” (1877/1878), na região Nordeste, foram marcos para a ocupação das terras acreanas.

Primeiro vieram os coletores de drogas, junto com os pescadores e os encarregados dos índios, em missões de reconhecimento da região. João da Cunha Corrêa e Manuel Urbano da Encarnação foram pioneiros nesta investida, desbravando afluentes do Rio Purus e os afluentes da margem direita do Rio Juruá. Entre estes afluentes, encontra-se o Rio Aquiri, que, segundo alguns historiadores, cedeu o nome Acre, devido à maneira indígena rápida de pronunciar Aquiri.

A formação da cultura na região foi resultado da mistura do nordestino e do indígena. Os indígenas, nativos, utilizavam o material regional florestal de forma empírica. Por exemplo, os amauacas construíram suas habitações de forma comprida e estreita, visando a abrigar sob a casa térrea, de pouca altura e coberta de palha, diversas famílias. O nordestino, ao chegar, não herdou essa forma para a sua barraca, mas construiu-a utilizando os mesmos produtos florestais.

A primeira grande unidade de produção na Amazônia foi o seringal, formado nas áreas onde se localizavam as árvores ou madeiras de látex, tendo sido agente de modificações profundas no modo de vida da região e do seu povo.

O desbravador, ao chegar, improvisava o tapiri<sup>1</sup>, abrindo a clareira, tornando o símbolo da posse e da presença humana. Logo a seguir, construíam-se o barracão, a verdadeira sede do seringal. O barracão representava “a imagem material do domínio e posse definitiva”, dito por Cleusa Rarcy ao citar Euclides da Cunha em seu

<sup>1</sup>O tapiri consiste numa cabana toda de palha, sobre o chão batido, sem janela e com apenas uma porta de entrada (REIS apud RANCY, 1992).

livro “Raízes do Acre”, como a Casa Grande do Nordeste. Em princípio servia de residência, armazém e centro social dos seringueiros, mas, à medida que tomava forma, outros barracões menores iam sendo construídos para abrigar uma maior quantidade de trabalhadores que chegavam.

A barraca, habitação do seringueiro, erguida quase sempre na boca da clareira aberta, era um modelo de simplicidade e desconforto (Figura 1). O mobiliário e utensílios eram compostos de alguns pedaços de troncos, que serviam como tamboretas, e da rede para o repouso.

A vida do seringueiro no Acre caracterizava-se pela precariedade, quer na habitação, quer na alimentação, quer na solidão social da floresta. O homem nordestino, inicialmente, vinha desacompanhado. A mulher só chegava para lhe fazer companhia algum tempo depois.

Para Rancy (1992, p. 129), a evolução que se processou no núcleo do seringal não veio de forma a originar concentrações urbanas. A formação social apresenta singularidades em comparação com outras regiões brasileiras. As características dos seringais pouco se modificaram com o passar do tempo. As melhorias limitaram-se ao conforto e à higiene no barracão, pois os patrões, ao invés de trazerem para a região os benefícios sociais permitidos pela sua ascensão econômica, passaram a fixar residência em Belém, Manaus e no exterior. O seringal era apenas a máquina econômica geradora dos recursos.

Em virtude destas e de outras peculiaridades, o Acre não teve, a exemplo das demais regiões, sua organização urbana resultante da evolução dos seus organismos rurais, fortificações militares, zonas portuárias, etc. Os núcleos urbanos surgiram de maneira artificial, para atender a exigências político-administrativas que possibilitassem assegurar o território conquistado.

*[...] Uso seletivo da energia... uso estrutural da madeira... paredes leves que impedem a visão mas não o ar... teto inclinado o suficiente para escoar as águas da chuva violenta... sombra fornecida pela vegetação. Um clima tropical chuvoso de floresta.*

*[...] É mais fácil fazer arquitetura na Amazônia do que em outras cidades.*

Severiano Porto<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Pensamento exteriorizado por Severiano Porto no Congresso de Arquitetura, Curitiba, 1998.



Figura 1 – Residência na Amazônia

## 2 Condições regionais

Como fonte de inspiração e enriquecimento é necessário o conhecimento da região. Conhecer o ambiente e os materiais disponíveis e o processo como eles se inter-relacionam é fundamental para elaborar e implementar projetos que agreguem, com efeito, qualidade e economia.

### 2.1 Localização

O Estado do Acre ocupa uma área de 152.589 km<sup>2</sup>. Está localizado a ocidente do país, tendo como limites o Estado do Amazonas a sudoeste-noroeste; o Peru a oeste e sul; Bolívia ao sul e sudeste; e o Estado de Rondônia a sudoeste. Situa-se entre os paralelos 11° SE e 9° N, e os meridianos de 66° e 71° W.GR.

### 2.2 Clima

Guerra (1955, p. 59) classifica o clima do Acre como sendo tipo “Am”, da classificação de Köpen, isto é, “clima quente e úmido e de monções”. Este clima assemelha-se ao “Ap”, com a diferença, porém, da existência de uma curta estação seca. O mesmo autor estudou e fez considerações sobre temperaturas máximas e mínimas, tirando uma média durante 5 anos dos dados coletados nos postos meteorológicos em Sena Madureira, Cruzeiro do Sul e Rio Branco e Cobija, chegando à conclusão de que, embora a temperatura seja elevada, na maior parte do ano não foi observada a existência de grandes máximas absolutas (Figura 2). O mesmo não

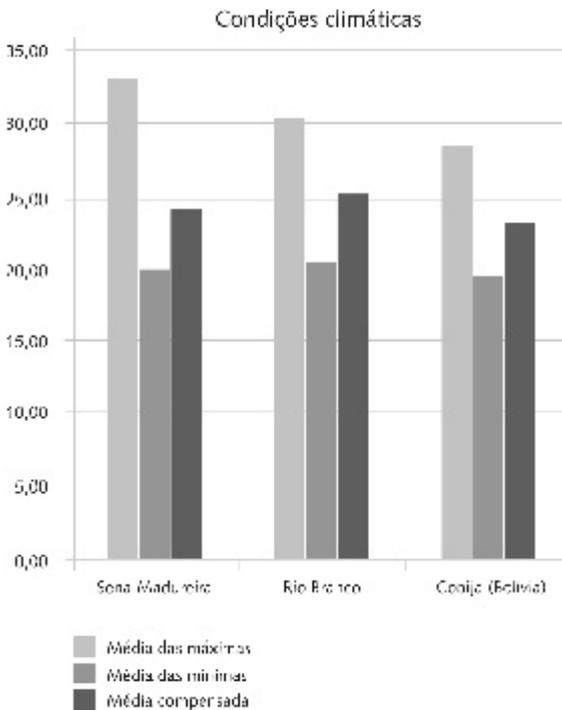


Figura 2 – Temperaturas médias no Acre

se pode dizer para as temperaturas mínimas absolutas, que são muito baixas e são registradas no Acre e em grande parte da Amazônia Ocidental, produzidas pelo fenômeno da “friagem”<sup>3</sup>, que ocorre nos meses de maio a setembro.

No Acre, como em toda a Amazônia, só se conhecem duas estações: “verão” – estação seca, o “inverno”, estação das chuvas, assim consideradas pelos habitantes da região. O período das chuvas é mais longo do que o da estiagem. Distribuem-se por 7 a 9 meses e 3 a 5 meses, respectivamente (GUERRA, 1955), conforme indica a Figura 3.

A Figura 4 aponta os períodos de maior índice de insolação de Rio Branco. Em relação aos ventos, dados coletados no Departamento de Vôo da Infraero, em Rio Branco, indicam que os ventos são constantes em todas as direções, durante todo o ano, tendo uma pequena predominância do noroeste.

<sup>3</sup> Entende-se por “friagem” a queda brusca de temperatura por, no máximo, três dias, ocasionada pelo estacionamento e choque de nuvens pesadas vindas do leste, de encontro com a barreira da Cordilheira dos Andes.

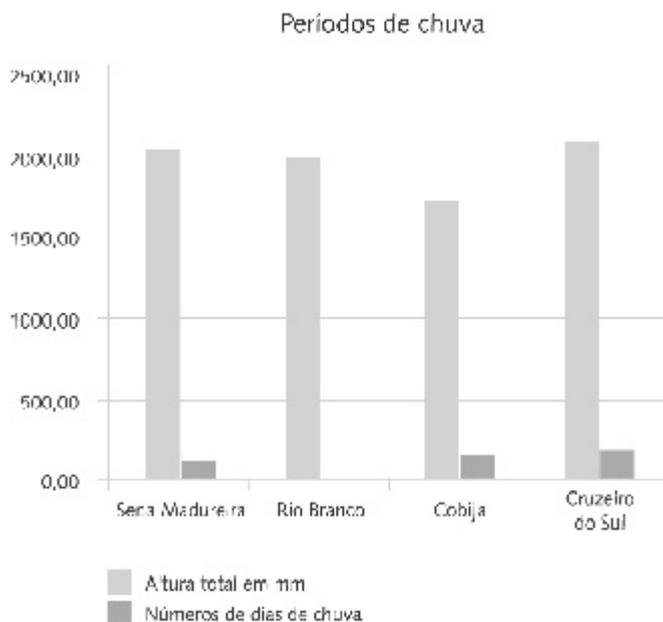


Figura 3 – Incidência de chuvas no Acre

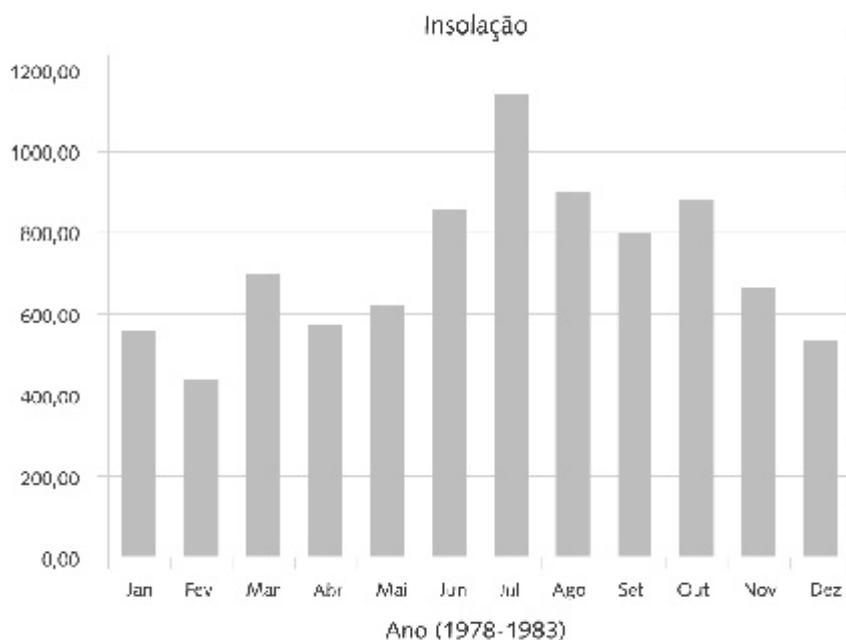


Figura 4 – Índice de insolação de Rio Branco

## 2.3 Morfologia e solos

Em reconhecimento geográfico da região, considerado por Guerra, do ponto de vista altimétrico, 63% a área do Estado está entre as cotas 201 a 300 metros; 21% entre as cotas de 101 a 200 metros; e 16% entre 301 a 600 metros (GUERRA apud ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, IBGE, 1950). O mesmo autor salienta ainda que se encontram grandes desnivelamentos relativos causados por erosão. As maiores elevações estão localizadas na zona ocidental, na Serra do Divisor, na fronteira com o Peru.

A predominância dos solos no Estado é de podzólicos vermelho-amarelos eutróficos e cambissolos eutróficos na sua porção oeste, enquanto na região leste a predominância é de podzólicos vermelho-amarelos distróficos associados a latssolos vermelho-amarelos, podendo ainda ser encontrados solos hidromórficos gleyzados eutróficos e distróficos e areias quartzosas hidromórficas distróficas (BRASIL - DNPM PROJETO RADAM - BRASIL, 1976). As análises químicas de alguns perfis, considerados como representativos, mostram solos ácidos, com teores de alumínio geralmente elevados, baixo fósforo, teores elevados de potássio, cálcio e magnésio.

A Amazônia acreana, do ponto de vista geomorfológico, pode ser definida como uma vasta planície onde predominam as normas planas, que se tornam, por vezes, onduladas, como, por exemplo, em Tarauacá e Cruzeiro do Sul.

Na cidade de Rio Branco e arredores, observa-se relevo com topografia em terraços. Dos níveis encontrados em Rio Branco e arredores, o de 220 metros, de erosão, é sensivelmente mais argiloso. Os outros dois, de 180 e 160 metros, apresentam superfície mais arenosa que argilosa.

No que diz respeito à natureza das rochas, encontram-se argilas mosqueadas com concreções lateríticas e argilas montimoriloníticas. O estudo dessas argilas é de grande importância não só do ponto de vista econômico, mas também do ponto de vista físico, devido aos constantes desbarrancamentos observados nas proximidades dos taludes de encaixe do Rio Acre. Essas argilas possuem grande poder de inchamento, de acordo com o grau de umidade, chegando a dobrar a distância interplana do mineral seco, podendo ser responsável, juntamente com a influência de bancos margosos, pelas fendas nos solos, que podem ser chamadas de deformações atectônicas.

Marbut (apud GUERRA, 1955) diz que os solos de toda essa região amazônica são parecidos, havendo algumas variações como resultado de condições locais geológicas e topográficas.

## 2.4 Vegetação

O Estado do Acre tem como cobertura a Floresta Amazônica, que se expande por uma imensa área ao norte do Brasil e por alguns países vizinhos. Ela é composta de árvores de grande porte e divide-se em Floresta Tropical Aberta e Floresta Tropical Densa.

A Floresta Tropical Aberta apresenta três tipos de bosques: (a) cipó, onde a maioria das árvores encontra-se revestida por cipó; (b) palmeira, onde junto com as palmeiras encontram-se áreas inundadas temporariamente ao longo aos rios; e (c) bambu (taboca), em pequenas quantidades, geralmente nos locais com maior incidência de luz.

A Floresta Tropical Densa possui vegetação arbórea heterogênea, com um sub-bosque formado por denso extrato de porte arbustivo, na maioria das vezes proveniente de regeneração das árvores mais velhas, no Acre (FUNTAC, 1990).

## 2.5 Herança cultural

O elemento nacional que hoje é designado acreano é fruto da mistura do nativo da região, o índio, com o nordestino, com o português e, em menor escala, com outros estrangeiros que chegaram num segundo momento de ocupação dirigida da Amazônia.

A participação indígena com elevado contingente populacional é, sem dúvida, relevante. Deixou de forma intensa, valiosa e decisiva uma herança cultural no modo de ser e de viver do homem amazônico, em especial do acreano. Suas contribuições são notadamente reconhecidas na alimentação, na agricultura, nos meios de locomoção, nos nomes e na arquitetura, entre outras coisas. Recai sobre ele também alguns preconceitos que o depreciam, como o conceito de que, devido à sua maneira natural de viver, não se adapta às necessidades mercantis do trabalho.

A ação portuguesa também foi fundamental, e um dos resultantes é o fato de o Acre constituir-se em seu todo como um estado. O impulso da expansão portuguesa não se esgotou no século das navegações. Fugindo da Primeira Guerra Mundial, muitos portugueses vieram para a região com a intenção de se esconder e acabaram ficando, sem nunca mais retornar a seus lugares de origem. A contribuição do português é caracterizada principalmente pela atividade comercial de suporte entre a célula

la extratora, o seringal, e o mercado externo europeu. O português é o representante do comerciante, organizador indireto da produção. O aviamento foi sua tarefa primordial, tendo como parceiro o sírio-libanês.

Diversamente dos indígenas e portugueses, a presença africana inexistiu na formação geral do Acre. Esporadicamente esteve presente, mas não exerceu influência de destaque entre os demais componentes humanos.

Muitos nordestinos que imigraram para o Acre fugiam da seca do Nordeste. Buscavam uma oportunidade de desenvolvimento que o preço alcançado pela borracha propiciava. Eles trouxeram novos costumes e estruturaram a ordem social, pois se tornaram a mão-de-obra básica à nova região e à nova sociedade.

Assim, da presença dos migrantes, a miscigenação entre eles e os nativos resulta no homem regional amazônico acreano. Tanto o nativo como o migrante transmitiram e adquiriram valores culturais. Desta fusão cultural resultou uma cultura regional que caracteriza a família, os hábitos, a alimentação, a regionalidade e outras singularidades que marcam a sociedade local.

Na arquitetura, por exemplo, cada elemento formador dessa cultura regional contribuiu, de forma sensível e muitas vezes até improvisada, para a construção dos modelos, formas e técnicas adotados ao longo da história.

### 3 Caracterização da construção civil

#### 3.1 Mão-de-obra

A Construção Civil, que absorve 6,2% da mão-de-obra nacional, tradicionalmente sempre enfatizou muito pouco a gestão de recursos humanos. Fala-se das duras condições de vida nos canteiros de obra, da elevada rotatividade dos profissionais e seu débil preparo, e, conseqüentemente, dos altos índices de acidentes de trabalho e do baixo padrão de qualidade das construções.

O desaquecimento da Construção Civil ocorrido em face dos cortes de investimentos públicos no início dos anos 90 acirrou contradições no que diz respeito à capacidade produtiva e, principalmente, às condições de trabalho (SINDUSCON/SP, 1999).

Em Rio Branco, o quadro não é diferente. A indústria da construção local é relativamente tradicional, existindo problemas de qualidade e segurança no ambiente de trabalho. Há também muitas deficiências quanto à qualificação profissional, nos diversos níveis gerenciais. O aprendizado se faz pela interlocução dos operários, que vão ocupando níveis mais responsáveis nas tarefas e atos construtivos somente pelas experiências acumuladas. No meio operário, em Rio Branco, o uso e abuso do álcool também é significativo, podendo-se registrar um índice semelhante ao nacional, que é de 19% (RAMOS, 1997).

### 3.2 Materiais de construção

No Acre, a atividade comercial ocupa posição de relevância na economia. Ela é onerada pela distância a outros centros e pela falta de vias pavimentadas entre cidades. Assim, ocorre com os materiais de construção, que, no interior, por exemplo, sofrem acréscimo de até 120% devido ao transporte fluvial ou aéreo. Em ambos os casos, o cálculo do custo adicional é feito por peso de mercadoria.

Mesmo assim, nota-se uma crescente utilização de materiais não regionais. Por exemplo, 69% das habitações no interior utilizam a telha de alumínio nas coberturas. Em Rio Branco, o percentual é quase o mesmo, mas para telhas de cimento amianto.

O emprego de materiais regionais nas construções deveria ser mais valorizado a partir do incentivo à produção local de insumos básicos e/ou alternativas como o tijolo, telhas cerâmicas, componentes pré-moldados, etc. Em recente diagnóstico realizado na indústria cerâmica de Cruzeiro do Sul e de Rio Branco, verificou-se que a capacidade instalada para produção é suficiente para atender a demanda.

## 4 Serviços urbanos

### 4.1 Lixo e resíduos sólidos

O lixo em Rio Branco é recolhido diariamente por uma empresa privada e conduzido a um aterro sanitário. A Figura 5 apresenta a parcela dos lixos urbano e rural que são coletados. A Construção Civil contribui com uma elevada parcela de resíduos, que poderiam ser reaproveitados.

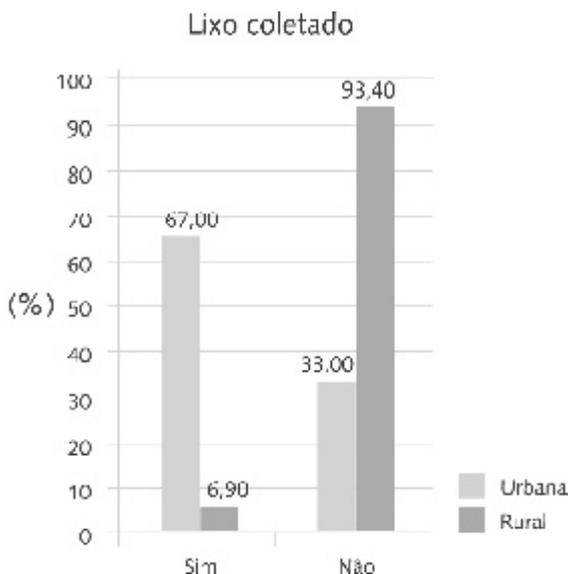


Figura 5 – Parcela de lixo urbano e rural coletada

## 4.2 Suprimento de água

O Brasil possui 8% da reserva de água doce do mundo. Desse total, 80% encontram-se na Região Amazônica, onde está uma das mais extensas redes fluviais do mundo. Entretanto, apenas 10% da população brasileira têm acesso à água tratada e encanada.

Em Rio Branco, o abastecimento de água é feito pelo Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto de Rio Branco (SAERB), que atende a um percentual de 72% da população (Figura 6). O restante é resolvido pelos próprios usuários com cavação de poços em seus terrenos. Esse procedimento, aliado ao ato de que uma parcela considerável do lixo não é adequadamente recolhida e tratada, pode levar a problemas de contaminação dos lençóis freáticos.

Na realidade, o problema da qualidade da água apareceu com o crescimento dos centros urbanos e com o aumento das fontes poluidoras. Além disso, a modernização da agricultura vem também provocando desequilíbrio ecológico. Antigamente, a agricultura convencional usava métodos que respeitavam o aproveitamento da água disponível, sem esgotar os recursos hídricos nem solo.

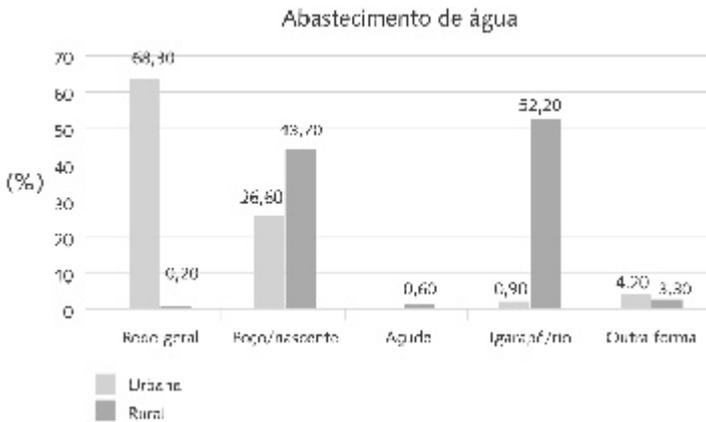


Figura 6 – Fontes de abastecimento de água

### 4.3 Esgoto

No tocante ao esgoto, Rio Branco ainda está aquém de responder adequadamente à demanda. O tipo de sistema utilizado é o separador com destino final de dejetos nas águas do Rio Acre (Figura 7).

A maioria das cidades do interior não possui rede coletora, sendo bastante utilizada a fossa negra. Em Rio Branco, é comum o usuário despejar por conta própria o esgoto sanitário na rede de drenagem de água pluvial. Esse procedimento contamina os lençóis freáticos e causa prejuízos à saúde e higiene da população. A Figura 8 apresenta a parcela de domicílios que possui banheiros.

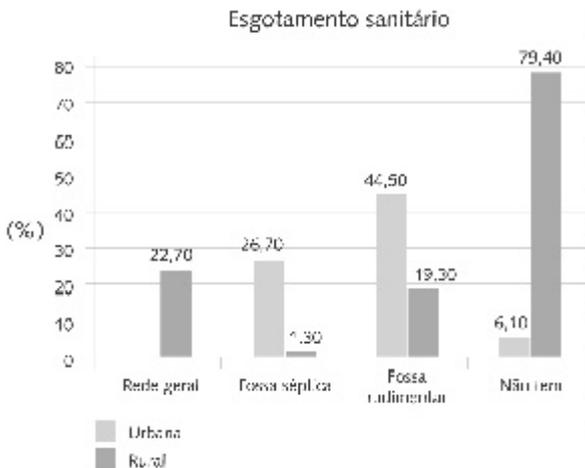


Figura 7 – Tipo de esgotamento sanitário

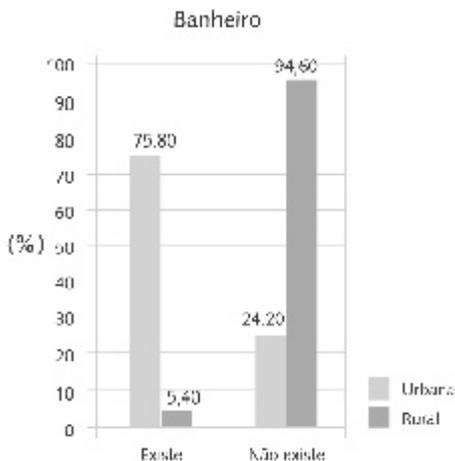


Figura 8 – Parcela de domicílios com banheiro

#### 4.4 Energia

A empresa responsável pela distribuição e comercialização de energia elétrica no Estado é a Companhia de Energia Elétrica do Estado do Acre (ELETROACRE). A geração é de responsabilidade das Centrais Elétricas do Norte S.A. (ELETRONORTE). A energia elétrica provém de unidades movidas a óleo diesel. Por exemplo, Rio Branco tem uma potência instalada de 42.620 kw/dia, com um consumo médio de 300.000 l/dia.

A iluminação residencial utilizada é basicamente a elétrica (Figura 9), quer através da concessionária, quer através de ligações clandestinas (“gatos”). Existem ainda poucos casos de utilização de lâmpões a querosene ou velas.

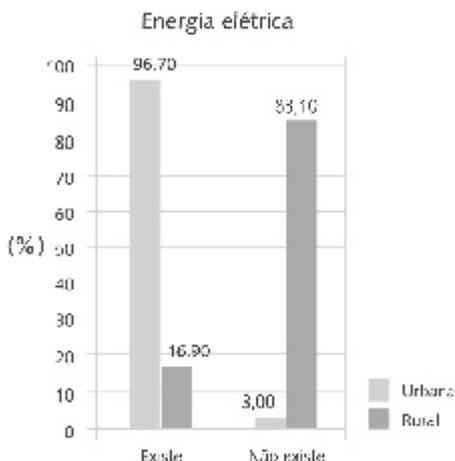


Figura 9 – Disponibilidade de energia elétrica

Com todas as dificuldades, vale lembrar que os caminhos da geração alternativa de energia não foram explorados. Existem inúmeras possibilidades que poderiam resultar em soluções viáveis, como, por exemplo, energia solar, ventos (eólica), hidráulica, biogás e compostagem.

## 5 Requisitos e parâmetros de projeto

### 5.1 Conforto ambiental

Na região acreana de clima quente-úmido, os habitantes passam ao ar livre grande parte do tempo. Costumam cozinhar, comer, trabalhar, jogar e se reunir fora de suas casas, buscando proteção quando sentem necessidade de intimidade.

A variação diária de temperatura é pequena, e o movimento de ar converte-se em meio de amenização de temperatura. Um edifício bem ventilado, a orientação e a forma dos edifícios e das coberturas, e a sombra são elementos-chave para o projeto. Assim, um projeto climático reduz a necessidade de condicionamento de ar ou ventilação mecânica, não devendo se limitar ao espaço interior.

Alguns critérios a serem adotados no projeto arquitetônico serão de vital importância. As soluções devem proporcionar sombreamento e boa ventilação. As habitações devem ter seu eixo longitudinal colocado no sentido leste-oeste (Figura 10)

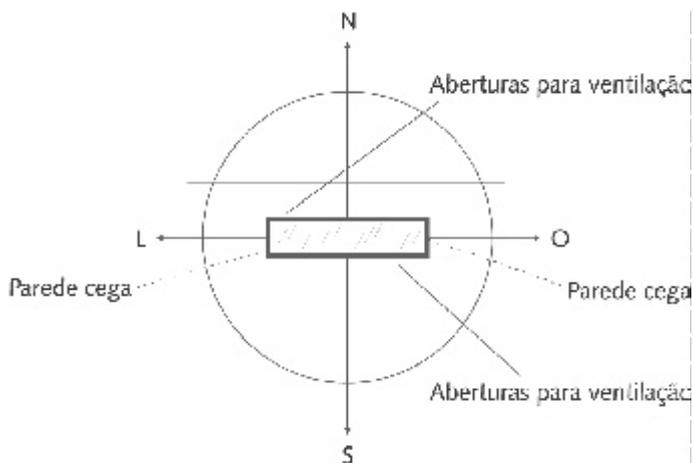


Figura 10 – Implantação do edifício no lote

e apresentar paredes cegas nessa orientação. As paredes norte e sul devem conter aberturas de iluminação e ventilação para propiciar ventilação cruzada.

A orientação dos telhados, o sombreamento por beirais, venezianas, brises, vegetação, etc., são os primeiros passos para o conforto do usuário. As aberturas exteriores devem ser grandes, ao nível do corpo, e protegidas. As paredes exteriores e cobertura devem ter superfícies exteriores que proporcionem a reflexão dos raios solares. As paredes interiores devem deixar passar a brisa.

As unidades devem ter varandas ou alpendres. É necessário, também, adotar cuidados especiais contra as chuvas torrenciais, contra os insetos e os cupins.

As precipitações intensas requerem drenagem de água e proteção contra o crescimento de fungos e contra insetos. O terreno de vegetação produz poucas perturbações de reflexão de luz e calor.

Outro ponto importante a explorar é o entorno paisagístico. As construções de comunidades de regiões tropicais caracterizam-se pelos elementos da transição entre os espaços abertos e fechados. Não só devem aparecer as varandas e balcões, como também as árvores deverão estar próximas à construção; se possível, com pergolados e caramanchões, ampliando a extensão do espaço habitável.

Essas recomendações não têm a pretensão de esgotar os procedimentos e soluções técnicas de um projeto, mas ilustram a arquitetura espontânea (vernacular) de cada região (Figura 11). Isso leva à compreensão das determinantes climáticas, do bom uso dos recursos materiais disponíveis e dos critérios econômicos, levando em conta a cultura regional (Figura 12).



Figura 11 – Arquitetura espontânea da região

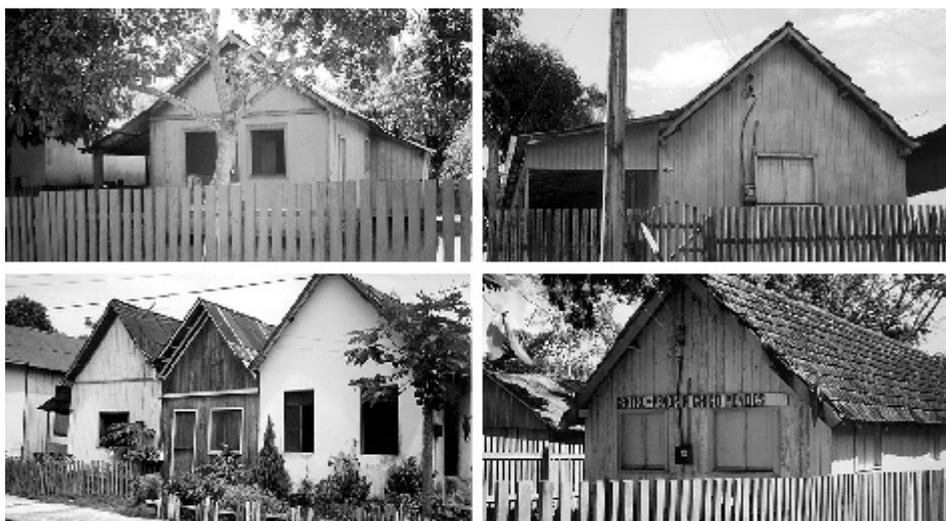


Figura 12 – Herança cultural

## 5.2 Habitação de interesse social

O Estado do Acre apresenta um déficit habitacional bastante acentuado nas camadas urbanas de baixa renda. O volume de tal déficit chega a aproximadamente 25.000 habitações em Rio Branco, além de existirem muitas habitações precárias e sem a infra-estrutura necessária (Figura 13).

156

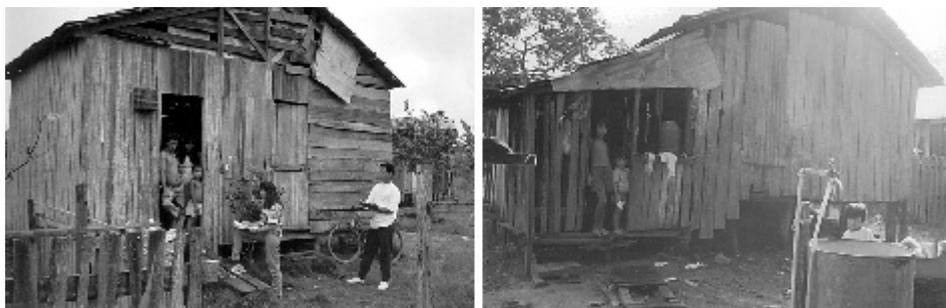


Figura 13 – Habitações em condições precárias

Em relação à habitação popular, o Código de Obras Municipal de Rio Branco (Lei 611), no seu capítulo XIII, estabelece normas e diretrizes para esse tema. Neste código, “[...] entende-se por habitação tipo popular a residência urbana destinada exclusivamente a moradia própria, constituída apenas por dormitórios sala, cozinha, banheiro, circulação, área de serviço e varanda [...]” (p. 80).

Esses compartimentos devem ter áreas úteis mínimas, estipulando-se para o 1º dormitório 7,50 m<sup>2</sup>; para o 2º dormitório 6,50 m<sup>2</sup>; e para o 3º dormitório 7,50 m<sup>2</sup>, assim como a sala. A cozinha deve ter piso e paredes revestidos com material impermeável e incombustível até a altura de 1,50 m.

Habitações populares são permitidas nas zonas residenciais estabelecidas pelo plano diretor. Quando fora dos limites do zoneamento, ficam a critério da Comissão do Plano Diretor. Segundo o Código, as habitações podem sofrer alterações, desde que não percam as suas características. Se o aumento ultrapassar os limites de referência, a edificação passa a ser regida pelas demais exigências do Código. Os prédios de apartamentos populares não podem atingir o número de pavimentos em que houver obrigatoriedade de elevadores, nem conter mais de 65 dormitórios por circulação vertical.

A utilização da ajuda-mútua pode ser entendida como alternativa na solução da problemática da habitação de interesse social, na medida em que envolve a comunidade. O processo de projetar e conceber, ao mesmo tempo que promove um desenvolvimento técnico individual, poderá ser transformado em benefício indireto para o binômio emprego e renda. A dificuldade de operacionalização do sistema é um ponto crítico, sendo difícil formar e reproduzir equipes de apoio que venham a desenvolver um trabalho conjunto com a população.

## 6 Sistemas construtivos alternativos estudados

### 6.1 Informações coletadas

A pesquisa envolveu a coleta e agrupamento das principais informações sobre os sistemas construtivos alternativos, de forma a permitir o estabelecimento de critérios e diretrizes para a elaboração de projetos. Essas informações foram obtidas em levantamentos em campo, ensaios em laboratório e análise de protótipos.

## 6.2 Habitação em painéis pré-fabricados e modulares de madeira

### 6.2.1 Justificativa

O desenvolvimento do Projeto de Habitação Pré-Fabricada e Modular em Madeira decorre de peculiaridades regionais, aliado a uma política estadual de valorização de matéria-prima abundante com absorção de mão-de-obra local.

A madeira deveria ser a primeira opção para a construção de habitação popular na Amazônia, mas é tida, equivocadamente, como material alternativo. A disponibilidade natural e abundante, a elevada resistência mecânica, o conforto térmico, a beleza, a trabalhabilidade, a facilidade de tratamento contra apodrecimento e ataque de fungos e insetos xilófagos fazem com que a madeira se apresente como uma das soluções para o setor habitacional no Acre.

A dificuldade para viabilização de projetos com materiais convencionais se justifica quando não se encontram na região, a custos viáveis, insumos como cimento, brita e aço para construção, entre outros. Por outro lado, a abundância da madeira e de mão-de-obra, assim como o potencial para seu beneficiamento e industrialização, faz desse material uma alternativa de grande aceitação, inclusive pelo barateamento no valor final das construções.

Entretanto, para que haja uma efetiva redução de preços, faz-se premente a adoção de uma política estável de mercado, na qual se vislumbre, em médio prazo, por parte do empresariado da indústria madeireira, a possibilidade de pagamento dos investimentos necessários.

Fomentar indústrias de habitações pré-fabricadas em madeira, além do benefício direto de suprir o déficit habitacional, permitiria alcançar os seguintes objetivos:

- desenvolver um módulo tecnológico regional e alternativo para indústria de construção civil;
- gerar emprego em atividades industriais;
- impedir a saída de matéria-prima em bruto;
- criar uma mentalidade preservacionista em relação à extração de madeira;
- atender a crescente demanda por residências populares;
- diminuir os custos da construção de habitação no Estado; e
- criar demanda de materiais regionais capaz de estabilizar os custos dos insumos dos importados.

## 6.2.2 Descrição do sistema construtivo

O principal componente são painéis de vedação de madeira com modulação de 0,90 m x 2,82 m. O sistema construtivo é de fácil assimilação, não necessitando de mão-de-obra especializada, já que os painéis são confeccionados na serraria, o que diminui a quantidade de mão-de-obra necessária (Figura 14).

O banheiro é construído em alvenaria aparente de tijolo de solo-cimento (técnica desenvolvida e estudada pela FUNTAC). A fundação é de pilotis de concreto armado com seção triangular, dando maior estabilidade e durabilidade à edificação.

Na parte interna do banheiro, é executada uma barra de revestimento com argamassa (cimento e areia), com altura de 1,60 m em relação ao piso acabado, bem como em cima da bancada da pia da cozinha, com altura de 60 cm.

A cobertura se dispõe em duas quedas, utilizando a telha de fibrocimento ondulada de 4 mm com inclinação de 20%, sustentada por tesouras de madeira.

O programa básico consiste em: varanda, sala, quarto, cozinha e banheiro, perfazendo um total edificado de 31,75 m<sup>2</sup>. O projeto contempla, ainda, futuras ampliações sem que haja comprometimento da estrutura existente.



Figura 14 – Habitação em painéis pré-fabricados e modulares de madeira

Utilizando esse sistema construtivo, foram executadas 666 unidades em dois conjuntos habitacionais populares da COHAB-AC, em Rio Branco (Adalberto Sena e Universitário), entre os anos de 1988 e 1990, financiados pelo então Ministério de Habitação e Urbanismo e pela Caixa Econômica Federal.

Além dessas unidades, foram construídas 200 unidades emergenciais (em duas etapas), financiadas pela LBA, para os flagelados da grande enchente ocorrida em Rio Branco, em 1988.

## 6.3 Habitação em painel cerâmico

### 6.3.1 Justificativa

As principais vantagens desse sistema construtivo são as seguintes:

- existe a necessidade de incentivo ao nosso parque industrial do setor ceramista, que, com pequenas alterações nos processos produtivos, possuirá capacidade para adequação ao emprego desse sistema, diminuindo as perdas em 30%;
- o sistema construtivo não requer equipamentos nem instalações complicadas, e a montagem realiza-se manualmente com grande rapidez;
- favorece processos sociais de capacitação auto-administrativa, ao possibilitar a participação de usuários no processo produtivo;
- é um sistema adequado para ser utilizado por microempresas de produção e comercialização; e
- a flexibilidade de sua modulação confere versatilidade, sendo os painéis adaptáveis a diversas concepções arquitetônicas, o que possibilita, inclusive, ampliações com outros sistemas construtivos.

### 6.3.2 Descrição do sistema construtivo

O sistema é baseado no emprego de material cerâmico (Figura 15), com boas propriedades estruturais, térmicas e de durabilidade.

O partido de implantação no lote permite uma reelaboração das dimensões do lote para uso urbano, podendo ser alterado para uma melhor distribuição das unidades, devendo ser mantido o ponto hidráulico o mais próximo possível do meio-fio.

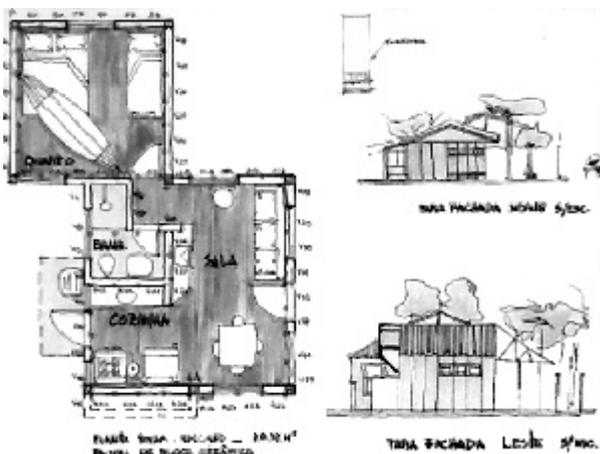


Figura 15 . Habitação em painel cerâmico

As unidades são bem ventiladas e prevêm ampliação imediata para mais um quarto, com caimento na cobertura para continuar a ampliação conforme a necessidade do usuário.

## 6.4 Habitação em madeira serrada

### 6.4.1 Justificativa

É sabido que a madeira a ser beneficiada na região sofre uma perda de aproximadamente 50% e que, ao ser empregada na Construção Civil, sofre ainda uma perda em torno de 25%, devido à inadequação ou incompatibilidade do projeto arquitetônico com a normalização das bitolas.

Comprovou-se em pesquisa de campo que o setor madeireiro, especialmente aquele fornecedor para projetos habitacionais, poderia otimizar a utilização de matérias-primas se fossem empregadas modulações que favorecessem a combinação entre segurança, durabilidade e redução de perdas.

### 6.4.2 Descrição do sistema construtivo

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado como ponto de partida o conhecimento empírico já acumulado em construções espontâneas. Para tanto, o princípio básico é espaçar as peças portantes estruturais e secundárias a uma distância mínima que possibilite o emprego modulado de tábuas na horizontal como vedação, cuja dimensão em comprimento não seja fixa, e sim múltipla. À luz de estudo anterior, optou-se pelo uso das tábuas na horizontal, pois é fácil sua manutenção e troca em caso de deterioração.

As vantagens em relação à técnica que utiliza o sistema de painéis são inúmeras. Reduz o beneficiamento e, ao mesmo tempo, evita o recorte das peças em dimensões menores, o que reduz perdas. O sistema permite a realização de ampliações e reformas em função da facilidade do usuário em seu manuseio. É simples e de fácil e rápida execução.

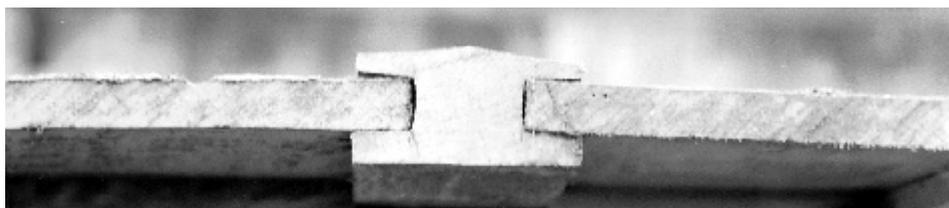


Figura 16 – Detalhe do sistema construtivo em madeira serrada

As Figuras 17 e 18 apresentam soluções arquitetônicas para a utilização desse sistema construtivo, para as zonas rural e urbana, respectivamente.



Figura 17 – Madeira serrada para área rural – fachada e planta baixa

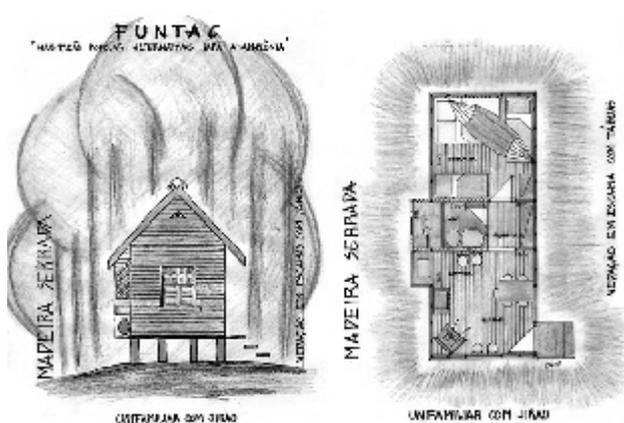


Figura 18 – Madeira serrada para área urbana – fachada e planta baixa

## 6.5 Habitação em solo-cimento

As principais vantagens desta tecnologia são as seguintes:

- o solo é um recurso natural abundante, sendo uma matéria-prima disponível em quase toda a região abrangida pela pesquisa, observando-se os critérios de seleção;
- o processo de produção é simples, sendo de fácil absorção por mão-de-obra não especializada, mediante orientação técnica;

- a técnica construtiva é realizada de maneira análoga em relação aos materiais convencionalmente utilizados nas alvenarias;
- existe infra-estrutura em termos de laboratório de materiais de construção para ensaios em solos;
- os componentes (tijolo ou bloco vazado) podem ser produzidos no próprio canteiro de obra, reduzindo consideravelmente o custo de transporte e estocagem de materiais; e
- não existe a fase de queima do produto, comparando-se a outros componentes cerâmicos que desempenham função similar, havendo, portanto, economia no consumo de energia.

A Figura 19 apresenta um exemplo de unidade habitacional construída em solo-cimento.



Figura 19 – Protótipo de solo-cimento

## 6.6 Habitação em argila, maravalha e cimento

### 6.6.1 Justificativa

Dentro do Programa de Criação de Tecnologias Alternativas para Unidades Habitacionais, com utilização de materiais regionais, a FUNTAC propôs a continuidade e o aprimoramento de uma das pesquisas nessa área, iniciada no ano de 1988.

Na época foram produzidos e avaliados componentes para vedação do tipo chapas aglomeradas à base de argila, resíduo de madeira serrada (denominado maravalha) e pequena quantidade de cimento. Foi desenvolvido também um estudo com esses componentes para execução de paredes monolíticas pré-moldadas *in loco*.

Os resultados dos testes feitos por meio de ensaios de qualidade em laboratório e avaliação pós-ocupacional indicaram desgastes prematuros nos componentes. Isso ocorreu, em parte, devido à falta de equipamentos mais adequados para a produção deles.

## 6.6.2 Descrição do sistema construtivo

A proposta da técnica construtiva baseia-se em executar a unidade constituída de paredes monolíticas externas e chapas prensadas, de dimensões de aproximadamente 50 cm x 50 cm, nas paredes internas.

Os solos deverão apresentar teores de argila plástica predefinidos através de estudos de caracterização físico-mecânica, que podem ser determinados no Laboratório de Solos da FUNTAC.

A maravalha será adquirida através de convênios de utilização dos resíduos provenientes das serrarias, onde o produto existe em abundância. O cimento deverá ser utilizado em teores econômicos, definidos em estudos de traços executados no laboratório de concreto da FUNTAC.

Com a proporção racionalizada dos elementos, serão desenvolvidos os painéis e chapas para a construção das habitações. Ressalta-se que o desenvolvimento dessa tecnologia propicia sua execução tanto em regime de mutirão quanto em regime de empreitada global por empresa construtora, pois o processo de produção do componente e a técnica construtiva da habitação são de fácil repasse e assimilação.

## 6.7 Habitação em madeira, argila e paxiúba

As habitações de madeira, argila e paxiúba têm como vantagem a utilização de dois materiais básicos, madeira e argila, extremamente abundantes no Estado. A paxiúba é uma palmácea de grande ocorrência na região, principalmente no município de Rio Branco. A larga utilização dessa palmácea nas tradicionais habitações rústicas dos seringueiros (tapiris), dos caboclos, ribeirinhos e de algumas tribos indígenas, forneceu inspiração para se conceber uma tecnologia envolvendo madeira, argila e paxiúba. Nesse projeto, foi utilizada a paxiúba em alguns elementos construtivos (barroteamento, piso e fechamento lateral) da habitação.

Destaca-se um componente que representa uma inovação tecnológica na região. É o painel de fechamento lateral, ou “parede monolítica de aglomerado”, constituído da mistura dos materiais como argila, resíduos de madeira (maravalha) e cimento. É construída de forma “pré-moldada” *in loco*, no canteiro da obra, através de uma seqüência de painéis horizontais que se sobrepõem por blocos sucessivos, que, escarificados, se aderem por colagem da “liga” da própria mistura. Para que esse processo se complete, é necessário observar um espaço de tempo entre uma moldagem e outra de no máximo duas horas. Passando deste tempo, é necessário umedecer a

face externa e polvilhar cimento. O cimento é o “estabilizante” da mistura com um pequeno teor no volume. Nota-se também que o material “resíduos de madeira” nada mais é que a serragem (maravalha) proveniente, e encontrada em abundância, das indústrias de beneficiamento de madeira.

## 7 Componentes construtivos estudados

### 7.1 Telha de madeira (cavaco)

A telha de madeira, denominada de “cavaco”, é amplamente utilizada na região, principalmente por parte da população rural. Constitui-se numa opção construtiva de cobertura, por aproveitar recursos naturais, por adequar-se às necessidades de conforto higrotérmico e por permitir uma diminuição sensível dos custos de cobertura para as habitações. A Figura 20 apresenta habitações construídas com esse componente.



Figura 20 – Protótipo de casas geminadas construídas com cobertura de cavaco

A utilização de matérias-primas muito rudimentares, que resultavam num efeito estético pobre, levou a FUNTAC a investigar a sua transformação em um produto industrializado: serrando a madeira, uniformizando as dimensões das planas para melhor estética e realizando o tratamento de preservação para maior durabilidade e impermeabilização.

Um levantamento de campo identificou o cedro (*Cedrela odorata*) como a espécie que melhor se comportou ao longo do tempo. A partir desses dados, foi feito um estudo de novas espécies tendo como pré-requisitos características físico-mecânicas equivalentes, baixo valor comercial e volume abundante. As espécies selecionadas foram cedro, morubá, louro, jatobá, cumaru-ferro, maçaranduba e samaúma.

No que tange a formas e dimensões, foram realizados estudos visando a garantir maior facilidade de desdobro na confecção das peças, máximo aproveitamento da madeira e seção das peças dentro das bitolas comerciais. Após alguns testes, chegou-se às dimensões recomendadas das placas.

Foram realizados os testes de absorção, impermeabilidade e flexão estática. Por falta de normas específicas para telhas de madeira, foram utilizadas as da telha cerâmica. Foram ensaiadas dez telhas no estado saturado e dez no estado seco para o ensaio de flexão, e 20 telhas para os ensaios de absorção e impermeabilidade.

A absorção de água foi calculada pela fórmula:

$$A (\%) = \frac{Psat - Ps}{Ps} \times 100$$

onde

A = absorção de água;

Psat = peso da telha saturada; e

Ps = peso da telha seca em estufa.

O resultado médio das dez amostras foi de 10,70% de absorção.

Quanto à impermeabilidade, a solução que melhor se apresentou foi o tratamento preservativo e impermeabilizante por meio de banho de imersão por um período de duas horas, em solução composta de uma mistura de creosoto (carbolinim), asfalto diluído (CM-30) e querosene, na proporção de 1:5:4.

Não foram constatados no ensaio, com a avaliação de dez corpos de prova, aparecimento de vazamento, formação de gotas, fungos, manchas ou qualquer dano que pudesse prejudicar a durabilidade e estanqueidade da cobertura.

No que tange à flexão estática, o resultado médio dos testes foi:

- Carga de Ruptura: 165,60 kg
- Espessura Média: 15 mm
- Vão Livre: 48 mm

A partir desses ensaios, foram propostos dados básicos para projeto:

- Inclinação: 45% a 58%
- Fixação: são fixadas com pregos (15 x 15) diretamente sobre as ripas de apoio
- Espaçamento das ripas: 27,5 cm
- Cumeeira: chapa metálica com 40 cm de largura

## 7.2 Telha cerâmica francesa

Esse tipo de telha foi amplamente utilizado nas construções do período áureo da borracha. A telha francesa, para ser produzida, passa por um processo de extrusão e prensagem, sendo seca nas primeiras horas ao ar livre, em galpão aberto, e levada para estufa. A queima deve ser processada em forno a uma temperatura de aproximadamente 900 °C.

A montagem das telhas começa pelo alinhamento do beiral, fixadas (amarradas ou emboçadas) por causa da ação dos ventos. Suas bordas podem ser arrematadas com uma tabeira, resgatando as fachadas originais das primeiras casas. As telhas de boa qualidade devem apresentar som metálico assemelhado ao de um sino, quando percutidas com objeto metálico. Não devem apresentar deformações ou defeitos para que não haja dificuldade de acoplamento entre elas, de forma a não prejudicar a estanqueidade do telhado.

Os principais parâmetros de projeto utilizados na região são:

- quantidade por metro quadrado: 15 unidades; e
- declividade máxima: 40%.

## 7.3 Cobertura em painel de madeira serrada

Esse componente se propõe a utilizar a madeira serrada disponível no mercado de forma racional. O painel de cobertura é composto de tábuas e pernas-mancas utilizando peças com dimensões mínimas no madeiramento (Figura 21). As pernas-mancas sofrem um recorte nas laterais onde correrão as tábuas. A pregação é feita de baixo para cima, em dois pontos não verticais, e de cima para baixo, em um ponto vertical.



Figura 21 – Cobertura de madeira serrada

São utilizadas sete pernas-mancas de 5 cm x 7,5 cm e seis tábuas de 20 cm para cada metro linear, variando de acordo com os comprimentos delas.

O ideal é que a madeira seja seca em estufa, alcançando o limite de 12% de umidade. Caso a secagem seja ao natural, a madeira deverá ficar estocada em estaleiro ou com espaçadores em locais cobertos e abertos.

## 7.4 Pilotis em concreto armado

A avaliação pós-ocupação das casas pré-fabricadas em madeira realizada em um projeto da FUNTAC detectou a presença de deterioração em 40% dos barrotes verificados. Isso indica que a preservação normalmente adotada em barrotes de madeira, através do banho quente-frio à base de creosoto (carbolíneo) e óleo queimado na proporção 1:5, é ineficaz. Para se melhorar o desempenho da preservação, é necessário realizar ensaios específicos com equipamentos que não estão disponíveis nos laboratórios da FUNTAC no momento.

Como o projeto de habitação “Madeira Serrada” optou por utilizar fundação em pilotis, foi realizado um estudo comparativo de custo–benefício entre madeira tratada e concreto armado. A opção em concreto armado com seção triangular foi a que se mostrou mais econômica, considerando sua utilização na zona urbana.



Figura 22 – Pilotis em concreto armado de seção triangular

O projeto estrutural definiu um pilotis com  $f_{ck} = 13,5$  MPa, seção triangular com 15 cm de lado. Para se obter um pilotis com baixo custo, foi realizado um estudo de traços de concreto pela equipe do laboratório de concreto da FUNTAC,

utilizando os agregados disponíveis em Rio Branco (brita I e II, seixo, laterita, caco cerâmico e areia).

## 8 Conclusão

O Estado do Acre tem particularidades que tornam as atividades da construção civil singulares. Sua localização afastada dos grandes centros, seu subsolo desprovido de pedras, seu clima quente e úmido, aliado ao fato de ser um estado jovem, com apenas 38 anos, e, portanto, em construção, são fatores que contribuem para que exista um baixo desempenho do setor em termos de qualidade e custos.

A energia elétrica é um outro ponto frágil, pois sua geração é ainda precária, por ser fornecida por usina termoelétrica, sendo consumida a preços elevados. Isso desestimula a implantação de novas indústrias na região e dificulta a modernização da Construção Civil.

Por outro lado, o Estado dispõe de uma gama de alternativas em potencial, que poderiam tornar a atividade de construção mais racional e adequada às particularidades da região. Nesse sentido, o desenvolvimento deste projeto foi importante, pois iniciou um diálogo entre a pesquisa básica, força de trabalho, empresários e usuários. Isso poderá contribuir para mudar o quadro atual da Construção Civil no Estado.

Entre as experiências iniciadas, estão enumeradas duas matérias-primas básicas: a madeira e o solo. No tocante à madeira, o projeto avaliou uma técnica construtiva já existente (a de painel) e propôs ajustes a ela. Mas também apresentou uma outra oferta, que contempla uma faixa de usuários distinta da primeira (a de madeira serrada disposta em escama).

Em relação à matéria-prima solo, produziu duas linhas de estudos: alvenaria em tijolos com solo-cimento e alvenaria em painéis pré-fabricados em tijolos de barro cozido. Além disso, teve-se a oportunidade de avaliar a indústria cerâmica em Rio Branco e em Cruzeiro do Sul.

O projeto também buscou desenvolver novos componentes, como pilotis com seção triangular em concreto armado, cobertura em cavaco e painel de madeira.

Também incentivou a retomada da produção de telhas de barro na região e fez um singelo estudo sobre otimização de traço das argamassas.

Por fim, cabe salientar que a pesquisa iniciada não tem fim em si mesma. Suas aplicações são amplas e requerem articulações políticas que extrapolam o escopo de atuação dos pesquisadores. Mas sabe-se que só construindo o conhecimento através da prática, com erros e acertos, é que será possível encarar e desafiar as nossas diferenças.

## Bibliografia

ARGAN, Giulio Carlo. **História da arte como história da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1992.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Ambiente Construído**: Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo: ANTAC, 1997. v. 1.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO - BNH. **Pesquisa de novos tipos de fossas sépticas e alternativas para disposição final de seus efluentes líquidos**. 1981.

BOLETIM CLIMATOLÓGICO DO ACRE. Delegacia de estatística do Acre e INEMET/UFAC.

CALVI, Gian. **O caminho das águas**. Petrópolis, RJ: A&A; Brasília, DF: ABEAS, 1998. 32 p. il.

CARUANA, Ricardo. **Critérios de arquitetura para o turismo ecológico no Brasil**. São Paulo.

CINCOTTO, Maria Alba et al. **Argamassas de revestimento**: características, propriedades e métodos de ensaio. São Paulo: IPT, 1995.

CRITÉRIOS mínimos de desempenho para habitação térreas de interesse social. São Paulo: IPT, PBQP. Texto para Discussão.

FARAH, Flavio et al. **Vilas de mineração e de barragens no Brasil**: retratos de uma época. São Paulo: IPT, 1993. 94 p.

FROTA, Anésia Barros et al. **Manual do conforto térmico, arquitetura, urbanismo**. São Paulo: Nobel, 1988. 228 p.

FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE. **Atlas educativo do Acre**. Rio Branco, 1990. 48 p.

\_\_\_\_\_. **Cartilha para produção de tijolos de solo-cimento.** Rio Branco, 1999. 23 p.

\_\_\_\_\_. **Critérios urbanísticos.** Rio Branco: Estrela, 1998. 117 p.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico da situação atual.** Rio Branco, 1994. 100 p.

\_\_\_\_\_. **Floresta estadual do Antimary.** Rio Branco: ITTO, 1996. v. 1.

GUERRA, Antônio Teixeira. **Estudo geográfico do território do Acre.** Rio de Janeiro: IBGE, 1955. 294 p.

LAMBERTS, Roberto et al. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997. 192 p. il.

MAIMON, Dalia. **Passaporte verde, gerência ambiental e competitividade.** Rio de Janeiro: Quality Mark, 1996. 111 p.

MASCARÓ, Lúcia R. de Luz. **Clima e arquitetura.** Porto Alegre: Edições Técnicas, 1981. 189 p.

MELHADO, Silvio Burrativo; VIOLANI, Marco Antônio F. A. **Qualidade na Construção Civil e o projeto de edifícios.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1992. Mimeo. Texto Técnico.

MORETTI, Ricardo de Sousa. **Loteamento:** manual de recomendações para elaboração de projeto. São Paulo: IPT, 1986. 181 p.

OLIVEIRA, Vitor Hugo et al. **Principais solos do Acre.** Rio Branco: Embrapa, 1985. 40 p.

172

PICCHI, Flávio Augusto; AGOPYAN, Vahan. **Sistemas de qualidade na construção de edifícios.** Boletim Técnico: bt/pcc/n. 4. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1993. Mimeo.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO BRANCO. **Código de Obras Lei n. 611.** Rio Branco, 1986.

RAMOS, Sergio de Paulo et al. **Alcoolismo hoje.** 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

RANCY, Cleusa Maria Damo. **Raízes do Acre** 1870-1912. 2. ed. Rio Branco: M. PAIM, 1992. 160 p.

RIVERO, Roberto. **Arquitetura e clima, acondicionamento técnico natural**. 2. ed. rev. ampl. Porto Alegre: d.c. Luzzatto, 1986. 240 p.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. Boletim Técnico: 02/86. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Mimeo.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. ACRE, et al. **Atlas Geográfico Ambiental do Acre**. Rio de Janeiro: Barbeiro, 1991.

SEGAWA, Hugo et al. **Oswaldo Arthur Bratke Projeto Editorial Vicente Wissenbach e Hugo Segawa**. São Paulo: Pro, 1997. 324 p. il.

**SERVIÇO de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Acre. Perfil Sócio-Econômico do Estado do Acre**. Pesquisa Domiciliar Sócio, Econômico do Estado do Acre. Rio Branco: SEBRAE, 1994. 64 p.

SILVA, Geraldo Gomes. **Arquitetura do ferro no Brasil**. São Paulo: Nobel, 1987.

SINDUSCON. SÃO PAULO. Qualidade na construção. **Revista Mensal**, n. 15, ano II. São Paulo: Bandeirantes, 1999.

SOUZA, Carlos Alberto Alves de. **História do Acre**. Rio Branco: M. Paim, 1995. 103 p.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; FRANCO, Luiz Sérgio. **Definição do contexto de obras**. Boletim Técnico, bt/pcc/177. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1997. Mimeo.

STONE, Walker et al. **Architectural graphic standards**. 6.ed. Usa: [s.n.], 1970.

TECNOLOGIA de Edificações. Projeto de Divulgação Tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: Pini/IPT, 1998. 709 p.

**Jano Moreira de Souza** é engenheiro Mecânico (1974) e mestre (1978) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. PhD em Sistemas de Informação pela University of East Anglia, Inglaterra (1986). Professor da UFRJ desde 1976. É chefe da Linha de Banco de Dados do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas. Atua na área das Ciências da Computação.  
E-mail: [jano@cos.ufrj.br](mailto:jano@cos.ufrj.br)

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim** é arquiteto (1974), mestre (1981) e doutor (1995) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Professor titular, desde 1984, na Universidade Federal Fluminense - UFF. Atua nas áreas da Qualidade, Gerenciamento, Tecnologia e Planejamento e Projetos de Edificação. Coordenador dos grupos: CDCON - Desenvolvimento de Terminologia e Codificação de Materiais e Serviços para a Construção e InfoHab - Centro de Referência e Informação em Habitação. Autor do livro QUALIPRO - Sistema de Acompanhamento da Qualidade e Produtividade (1998).  
E-mail: [leusin@civil.uff.br](mailto:leusin@civil.uff.br)

# 7.

## SIGMO - Sistema Integrado de Gerenciamento Móvel em Obras

Jano Moreira de Souza e Sérgio Roberto Leusin de Amorim

### Resumo

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um programa computacional para gerenciamento de serviços na Construção Civil, baseado em um microcomputador do tipo PDA capaz de interagir com os sistemas mais comuns de planejamento e controle compatíveis com DBF e SQL, utilizando uma interface gráfica de fácil compreensão, adequada à cultura existente no setor, em particular nos canteiros de obra. Através desse programa pretende-se suprir os sistemas de controle das empresas com dados primários do canteiro, visando a uma maior precisão no acompanhamento dos serviços e à retroalimentação dos setores de planejamento e controle.

175

### Introdução

O desenvolvimento técnico da Construção Civil, em particular do subsetor das Edificações, tem encontrado dificuldades para implantar sistemas de gestão mais eficientes, existindo uma oferta restrita de sistemas informatizados. Os programas disponíveis são, em sua maior parte, de origem importada, em geral sem tradução

nem adaptados aos parâmetros brasileiros. Ou então são produzidos por pequenas empresas, sob demanda de algumas construtoras, resultando em um produto com características específicas, o que dificulta a troca de dados com outros sistemas.

A lacuna de ferramentas adequadas tem provocado a falta de integração técnica ao longo da cadeia de produção do edifício, aspecto apontado como o principal problema das construções. Apesar de ser reconhecida como a causa da maior parte de suas falhas, poucos esforços tem sido desenvolvidos para ultrapassar essa barreira no Brasil.

Registra-se, em paralelo, as tentativas de mudanças organizacionais, destacando-se o esforço de implantação de sistemas de Gestão de Qualidade. Mas também, nesse caso, as empresas se ressentem de instrumentos adequados tanto para o processamento destes novos dados como para a comunicação entre os membros das equipes e colaboradores.

Ao focar a busca de uma maior integração técnica como um meio para obter ganhos de eficiência da construção, as necessidades de comunicação ampliam-se muito, exigindo sistemas de informação poderosos, mas flexíveis o suficiente para acompanhar a variabilidade de situações que ocorrem nas edificações. Sendo uma “indústria de protótipo”, as condições de produção acompanham as diferenças dos projetos e seus diferentes executores e respectivas relações contratuais.

Um agravante desse quadro é o fato de que, na principal fonte de dados desse sistema de informações, o canteiro, nem a mão-de-obra nem o quadro técnico estão preparados para lidar com as novas necessidades. Isso justifica a importância de desenvolver ferramentas de apoio gerencial que evitem a exigência de treinamentos longos ou patamares de formação elevados.

Outro aspecto a ser considerado é a mobilidade interna tanto dos canteiros como das suas frentes de trabalho. Não só os supervisores e engenheiros, mas até mesmo mestres costumam deslocar-se entre diferentes canteiros, às vezes distantes entre si. Dentro de um mesmo canteiro as equipes distribuem-se em locais diferentes, obrigando-se a constantes deslocamentos para inspeção e controle.

Como nos novos modelos organizacionais e de gestão, incluindo-se aí os que se baseiam em sistemas de qualidade, o acompanhamento das tarefas em execução passa a exigir uma documentação mais detalhada. Essa mobilidade dificulta a utilização dos instrumentos facilitadores mais comuns, tais como microcomputadores de mesa. Por sua vez, a alternativa mais simples, aumentar a documentação escrita,

esbarra na cultura predominante no setor, tradicionalmente refratário ao “excesso de burocracia”, na verdade um reflexo da pouca qualificação do pessoal.

O recente desenvolvimento dos microcomputadores portáteis, “de mão” (*handheld computers*), vem abrir novas possibilidades nesse quadro. Entre eles destacam-se aqueles baseados na interação a partir da tela gráfica, por toques de uma caneta em ícones e símbolos gráficos. Prescindindo de conhecimentos especializados, a operação desses aparelhos torna-se intuitiva, sendo acessível a pessoas normalmente resistentes a outros modos de documentação.

Porém, é preciso adaptar a essas máquinas as ferramentas gerenciais adequadas, que as vinculem aos sistemas de planejamento e controle mais comuns, em geral baseados em pequenas redes nos escritórios das empresas. Deve-se evitar que essa ligação seja trabalhosa ou exija conhecimentos especializados, para que o sistema seja bem aceito na base, o pessoal de canteiro.

Nesse sentido, o conceito de “Hot Sinc”, um modelo de sincronismo contínuo desenvolvido pela US Robotics, é um avanço significativo, com grandes potenciais de aproveitamento. Ao prescindir de comandos para atualização, ele evita uma série de procedimentos e conhecimentos que dificultariam sua absorção nesse segmento: basta colocar o aparelho sobre o conector correspondente que o programa se encarrega de proceder à atualização e troca de dados desejadas.

A partir desses pressupostos foi elaborado o projeto de desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de obras que se baseia em coletores de dados móveis, tendo como objetivo atender à demanda de uma ferramenta capaz de suprir os sistemas de controle das empresas com os dados primários do canteiro, sem exigir um treinamento excessivo de seus operadores.

Desse modo, será possível atingir uma maior precisão no acompanhamento do desempenho dos serviços no canteiro, permitindo retroalimentar os setores de planejamento e controle com dados confiáveis, representativos das diferentes condições de produção e não mais restritos às médias históricas dos índices usuais.

O projeto insere-se na linha de trabalhos em interoperabilidade de sistemas heterogêneos, em particular bancos de dados com modelos de dados heterogêneos e em diferentes plataformas, que o Programa de Engenharia de Sistemas e Computação (COPPE - Sistemas) da UFRJ tem desenvolvido. Um conceito importante abordado nesse projeto foi a extensão do conceito de arquitetura cliente-servidor para admitir um cliente móvel e desacoplável. A par de suas vantagens, a nova arquitetura

de software apresentou desafios a serem resolvidos no que tange à modelagem das bases de dados, quanto a *check-in* e *check-out* de outras versões e à sincronização de processos.

Na orientação da modelagem do sistema, houve a colaboração do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFF, que vem desenvolvendo diversas pesquisas na área de Gestão da Construção. O modelo de gestão adotado, baseado numa estrutura de tarefas vinculadas a locais, foi resultado dessa parceria, assim como a inclusão de atividades e documentos necessários à Gestão da Qualidade.

## Objetivos do projeto

O objetivo central do projeto foi o desenvolvimento de programa para gerenciamento de serviços na Construção Civil compatível com microcomputador do tipo PDA (*personal digital assistant*) - sigla inglesa que significa assistente digital pessoal. Esse microcomputador é capaz de interagir com os sistemas mais comuns de planejamento e controle, tais como MS Project, VOLARE e outros, baseados em DBF e padrão SQL. Um requisito básico para o desenvolvimento do sistema era o de se obter uma interface gráfica de fácil compreensão, adequada à cultura existente no setor, em particular nos canteiros.

O diferencial do sistema é a sua mobilidade, a capacidade de atualização sincronizada automática de diversos aparelhos com um sistema central e uma estrutura voltada para o gerenciamento de tarefas. Os sistemas de gerenciamento usuais estão baseados em unidades de medida que não se refletem no dia-a-dia das obras, sendo os serviços designados a equipes, com prazos determinados, constituindo-se nitidamente como “tarefas”, muitas vezes com a remuneração diretamente vinculada.

O sistema de gerenciamento de serviços será baseado em um programa similar, anteriormente desenvolvido pela COPPE para uso por equipes de desenvolvimento e pesquisa, chamado de TASKER. Atualmente na versão 2.0, esse sistema foi parcialmente adaptado para as condições da Construção Civil e para uso nos PDAs. Para isso foram desenvolvidos os programas para instalação em PDAs e as interfaces entre estes e microcomputadores comuns, em que a versão “CIVIL” do TASKER está instalada. Além disso, foram desenvolvidas ferramentas para exportação e importação de dados dos sistemas de planejamento, seja por meio de arquivos-texto, seja por outras abordagens.

## Integração com outros sistemas

Nas maior parte das empresas de construção já existe algum tipo de sistema de planejamento, ainda que limitado a levantamentos quantitativos de serviços, custos e cronogramas. Deles é possível extrair as diretrizes para a montagem do plano de trabalho, a partir de tarefas, que é a base do sistema proposto. A estrutura do sistema está esquematicamente representada na Figura 1.

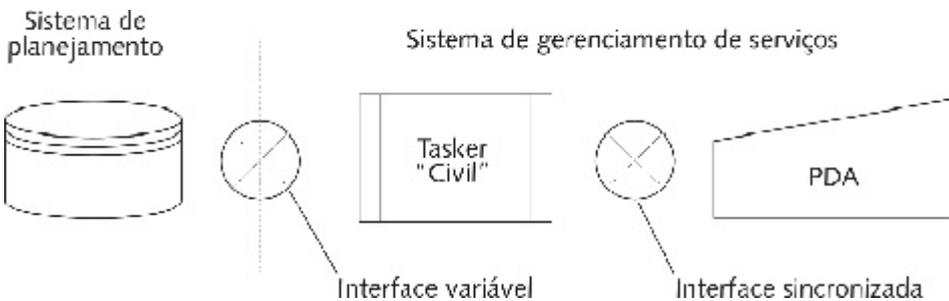


Figura 1 – Esquema de interação do sistema

As diferenças entre o sistema anteriormente desenvolvido, em uso na COPPE, e o proposto são a implementação de novas interfaces gráficas e os aplicativos adequados aos serviços da construção, incluindo-se aspectos de gerenciamento de custos e de materiais, bem como recursos de computação móvel, inexistentes na versão precedente.

O sistema desenvolvido facilita o acompanhamento dos serviços nos canteiros, aumentando a sua precisão e viabilizando a coleta de dados. Usualmente muitos dados são levantados apenas esporadicamente, por serem os procedimentos manuais de coleta muito trabalhosos. Ao automatizar o processo de atualização da base de dados, será mais viável mantê-la em dia com o andamento dos serviços, em vez dos longos intervalos que hoje ocorrem entre os levantamentos e a emissão dos relatórios de análise. Desse modo, a correção de problemas poderá ser antecipada e novos indicadores de qualidade e produtividade implantados.

## Metodologia e desenvolvimento

Sendo uma atividade de pesquisa aplicada na qual o produto final deverá ser um programa adaptado às condições do setor, com potencial mercadológico, a base de seu desenvolvimento será a realidade dos seus usuários potenciais. Assim, a primeira etapa dos trabalhos foi o levantamento dessas necessidades, através da participação do quadro técnico de empresas que colaboram com o projeto, a RJZ Engenharia Ltda., a SERVENCO S.A. e a INCASA Construções Ltda. Além disso, buscou-se levantar os sistemas de gerenciamento referenciados na bibliografia em geral.

Muito embora o levantamento dos requisitos tenha seguido uma abordagem centrada em processos, mais especificamente no fluxo dos dados e nas formas pelas quais as informações são processadas, a modelagem do sistema orientou-se a objetos, o que significa dizer que foi dada atenção aos dados e informações propriamente ditos, uma vez que esses constituem os elementos mais estáveis da aplicação. A forma como essas informações se relacionam e os processos que as modificam receberam cuidado especial, em contraste com metodologias exclusivamente centradas nos dados.

Outras tecnologias já estabelecidas no mercado, tais como bancos de dados de arquitetura cliente/servidor, linguagens de desenvolvimento rápido para ambientes dirigidos por eventos e metodologias como prototipagem operacional foram adotadas no desenvolvimento do projeto.

O projeto foi desenvolvido nas seguintes etapas:

1. Montagem e manutenção do laboratório
  - 1.1. Montagem e configuração do laboratório
  - 1.2. Manutenção do laboratório
2. Levantamento das necessidades
  - 2.1. Entrevistas com usuários (diretos e indiretos)
  - 2.2. Formulação de documento de requisitos
3. Modelagem do sistema
  - 3.1. Análise essencial dos fluxos de dados e transações
  - 3.2. Modelagem conceitual dos dados
  - 3.3. Projetos lógico e físico
  - 3.4. Projeto das transações
4. Avaliação dos PDAs existentes no mercado e de suas plataformas de desenvolvimento e seleção do modelo-base e do respectivo sistema operacional

5. Desenvolvimento da versão piloto e do modelo de sincronização
6. Testes de campo da versão piloto (utilização em um canteiro de obra)
  - 6.1. Liberação de protótipos evolutivos
  - 6.2. Coleta do retorno dos usuários pilotos e incorporação de modificações no protótipo
7. Desenvolvimento da versão Beta

As três últimas etapas previstas no projeto original, em que se mencionavam o teste de campo da versão Beta e o desenvolvimento da versão definitiva, com manuais de usuário e documentação técnica consolidada, não foram realizadas em razão do término dos recursos. Dificuldades de desenvolvimento atrasaram o projeto e ao final do período não foi possível atingir a meta proposta. Entretanto, a versão piloto permite comprovar a viabilidade e a proficiência do sistema, cabendo agora uma etapa mais simples e menos arriscada.

## Descrição do sistema desenvolvido

### Estrutura lógica

A base do sistema é o conceito de “tarefa”, um conjunto de atividades necessárias para realização de uma parte da obra, em geral atribuída segundo critérios de especialidade a uma equipe, sempre liderada por um responsável. Esse será um dos elementos vinculados à tarefa.

Para estruturar os dados do gerenciamento, o sistema baseia-se em duas linhas: uma lógica espacial, na qual os eventos são associados a locais, e uma lógica de atividades ou serviços. Essa é abordagem tradicionalmente utilizada em planejamento de obras, em geral privilegiando a análise de precedência e a busca de um caminho ótimo para a realização da obra, cujo melhor exemplo são as técnicas PERT-CPM.

Embora seja corriqueira nos canteiros, onde qualquer tarefa sempre é associada ao local onde ela será desenvolvida, essa associação é rara nos sistemas de gerenciamento disponíveis. Apenas recentemente, o VOLARE, por exemplo, sistema mais difundido no país, incorporou essa funcionalidade, mas mesmo assim ela não é o seu padrão. No entanto, a lógica espacial é fundamental para o controle da obra, pois se trata de verificar se determinado serviço foi realizado no local previsto e na data aprazada.

Na lógica espacial do sistema, para facilitar a base de dados, foram estipulados

três níveis hierárquicos: trecho, local e compartimento, não havendo porém obrigatoriedade de sempre serem subdivididos (Figura 2). Nos casos em que o trecho é único, é possível adotar o procedimento de indicar local e compartimento “único” ou “genérico”. Essa subdivisão mostrou-se satisfatória nos testes de campo.

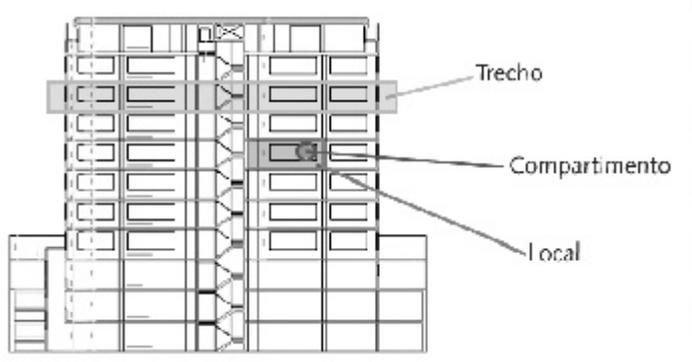


Figura 2 – Estrutura lógica: ótica espacial

A granularidade de controle, exibida na Figura 3, resultante do cruzamento dessas três vertentes, permite um acompanhamento preciso, viabilizando buscas e relatórios altamente flexíveis e personalizados.

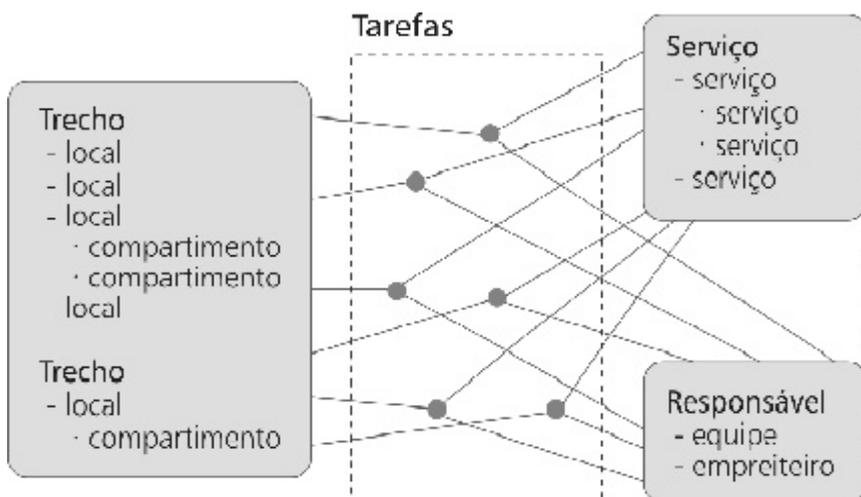


Figura 3 – Granularidade do controle

## Arquitetura geral do sistema

O sistema está organizado em torno de três elementos (Figura 4), sendo externo o primeiro deles. Admite-se que a empresa já disponha de uma sistema que possa gerar listas de tarefas, responsáveis, datas previstas para execução e outras informações pertinentes. Dada a variedade de sistemas operacionais e os diferentes bancos de dados disponíveis no mercado, optou-se por uma solução na qual a integração com esse sistema seja realizada através de arquivos TXT, MDB ou XLS. O sistema desenvolvido incorpora também um complemento para integração com o MS Project, software mais utilizado para planejamento de obras, ainda que este não apresente a granularidade necessária.

Futuramente seria conveniente definir um padrão de troca destes dados, preferivelmente em formato XML, que vem sendo o mais recomendado para essa finalidade. Isso, porém, depende de um esforço coordenado entre os diversos interessados, que podem ser centenas. Uma iniciativa nesse sentido é a desenvolvida pela International Alliance for Interoperability (IAI), que é descrita nos sites [www.aecxml.org](http://www.aecxml.org) e [www.iai-international.org](http://www.iai-international.org).

O segundo elemento é o módulo destinado às operações de planejamento de tarefas dentro do conceito do sistema. Uma vez que os demais softwares de planejamento não utilizam a vinculação entre local e tarefa como base relacional, neste módulo elas serão vinculadas. Caso necessário, todo o planejamento pode ser realizado no módulo, ainda que ele não disponha, na versão atual, de algumas ferramentas importantes, tal como a visualização de cronogramas, pois se considera isso parte do elemento externo.

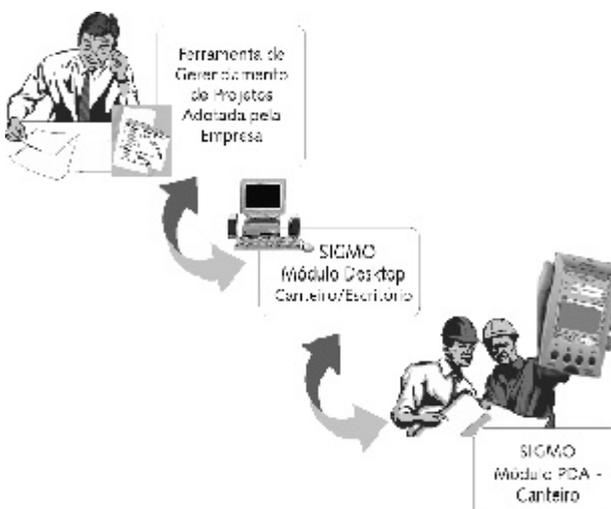


Figura 4 – Módulos do sistema

O outro ponto importante é que raramente é realizada nesses sistemas de planejamento uma partição de serviços adequada à distribuição real das tarefas. É comum que eles tratem os serviços, tal como realização de alvenaria, sem distinguir sua distribuição em pavimentos ou trechos da obra. Em serviços inseridos em compartimentos, como, por exemplo, revestimento de azulejos, essa prática é ainda mais difícil. O módulo Desktop do SIGMO permite desagregar cada serviço em diversas tarefas, sendo realizada uma totalização para conferência com os dados anteriores de planejamento.

Além disso, neste módulo devem ser inseridos os dados relativos a procedimentos de inspeção, recebimento, avaliação de fornecedores, dados esses retirados do sistema de gestão de qualidade da empresa. Eles deverão ser inseridos apenas uma vez, sendo possível compartilhá-los entre diversas obras. Em uma versão posterior, será possível integrar tais dados em um banco de dados, mas a falta de padronização dificulta uma solução padronizada para esse ponto.

Nas Figuras 5 e 6 estão apresentados os documentos considerados no sistema e seu relacionamento com as atividades. Nota-se que eles deverão ser adequados para as condições de apresentação no PDA, e em geral há necessidade de uma revisão e de um enxugamento de seu conteúdo em relação aos documentos que eram utilizados nas empresas pesquisadas. Não se recomenda, porém, a manutenção de duas versões do mesmo documento com conteúdos diversos, admitindo-se apenas variações de formatação entre diferentes mídias.

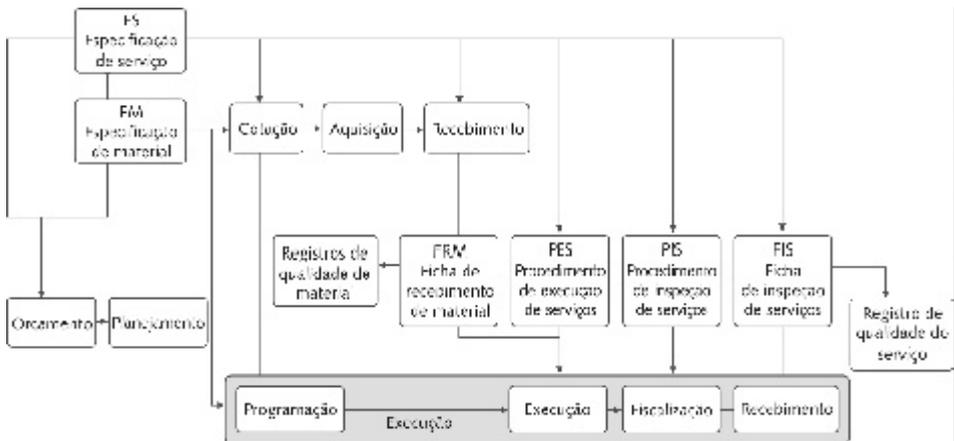


Figura 5 – Diagrama de atividades e documentos

Após o detalhamento do planejamento neste módulo, parte das informações é transferida para o módulo PDA. Uma vez que a memória desse aparelho é limitada, não convém transferir os dados de toda a obra, mas apenas de um período reduzido, em geral uma semana. Caso contrário, podem ocorrer problemas de desempenho.

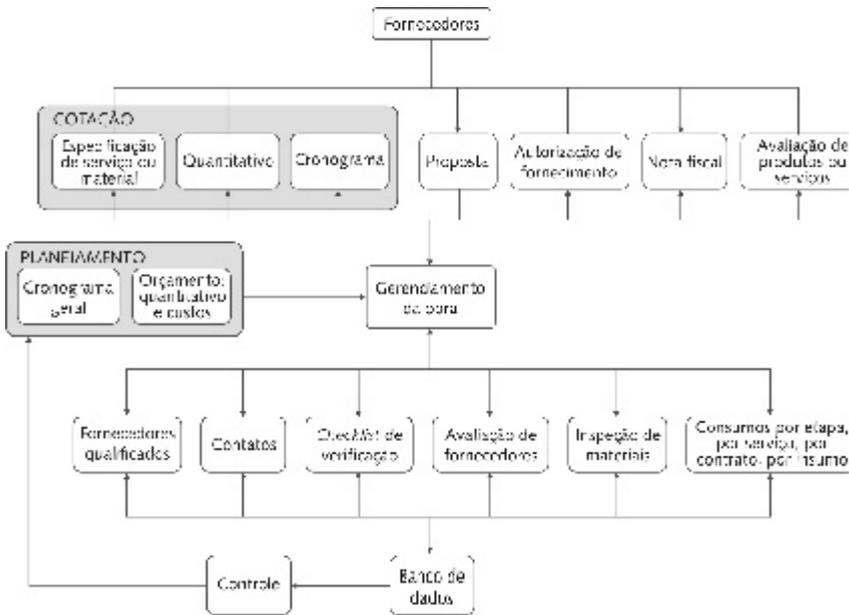


Figura 6 – Documentos considerados no sistema

## Funções do módulo Desktop

A primeira etapa do serviço neste módulo é o cadastramento de obras, tipos de tarefas (pessoal próprio ou de terceiros), materiais e respectivos procedimentos de inspeção, recebimento e medição (Figura 7).

Esses dados também podem ser obtidos de outros sistemas, através do intercâmbio entre bancos de dados, exigindo-se apenas um mapeamento prévio.

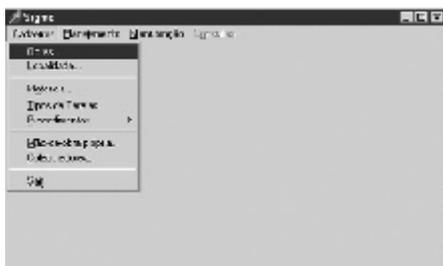


Figura 7 – Tela de cadastros básicos

O cadastramento de materiais, mostrado na Figura 8, considerou dois níveis de classificação, de modo a facilitar seu relacionamento com processos usuais. Preferencialmente deve ser estabelecido um padrão para a empresa, uma vez que ainda não existem, no Brasil, sistemas de classificação consolidados e bem disseminados, tampouco norma a respeito.

O cadastramento de localidades (trechos, locais e compartimentos) é realizado em uma mesma tela (ver Figura 9), para facilitar a visualização de suas relações. Um recurso interessante para versões mais desenvolvidas do sistema é a montagem de gabaritos de projeto, pois as obras tendem a ser bastante repetitivas, sendo mais fácil editá-las a partir de alguns modelos. Também serão cadastradas os tipos de tarefas (Figura 10), agrupando-as em categorias com características comuns, seja por responsável, seja por outra qualidade de importância crítica. Uma ferramenta de busca permite que seja incluído na obra qualquer dado cadastrado em obras precedentes, evitando-se redigitação e contribuindo para a padronização desses dados.



Figura 8 – Cadastro de materiais

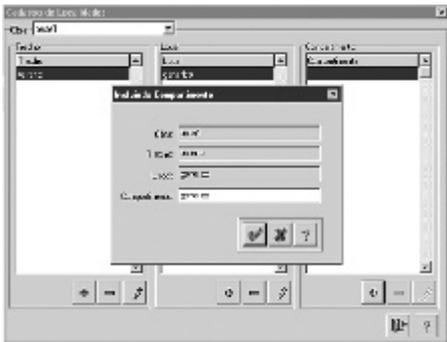


Figura 9 – Cadastro de localidades



Figura 10 – Cadastro de tipos de tarefa

O passo seguinte é a definição dos procedimentos de controle e de procedimentos de recebimento de materiais. A tela mostrada na Figura 11 permite apresentar instruções e parâmetros para verificação, unidade desta medida, e listar normas pertinentes. Caso seja necessário um laudo externo, como, por exemplo, verificação de resistência em laboratório, ele deverá ser descrito e tal exigência será considerada no *work flow* do sistema.

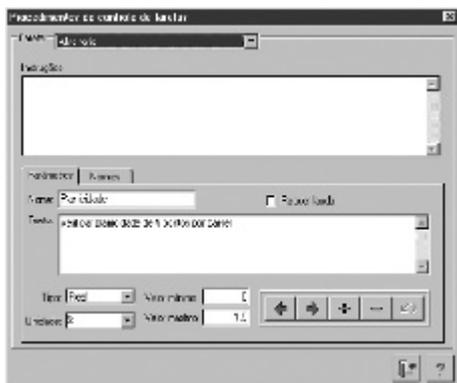


Figura 11 – Inclusão de procedimentos de controle

A definição de serviços e tarefas será mostrada em outra tela (Figura 12). A estrutura hierárquica facilita a definição de serviços vinculados a trechos e tarefas ligadas a serviços. Por exemplo, a alvenaria pode ser subdividida em pavimentos ou em outros locais apropriados. Datas previstas e realizadas deverão ser inseridas. Toda essa estrutura pode ser importada do MS Project, e é também possível exportá-la de volta, com as atualizações pertinentes. As tarefas podem ser editadas, complementando-se seus dados relativos a responsáveis, encarregados, quantidade, tipo, etc. (ver Figura 13).



Figura 12 – Cadastro de serviços e tarefas

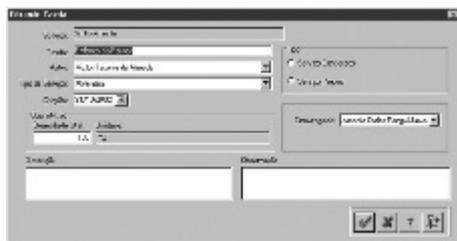


Figura 13 – Edição de tarefas

Embora não seja este o objetivo, é possível lançar uma medição diretamente neste módulo, como se observa na Figura 14. Sempre que ocorrer uma associação, deve ser incluída a avaliação da tarefa (Figura 15). No caso de exigência de laudo, ele deverá ser caracterizado por meio de referência a documento externo, em campo próprio.



Figura 14 – Medição de tarefa

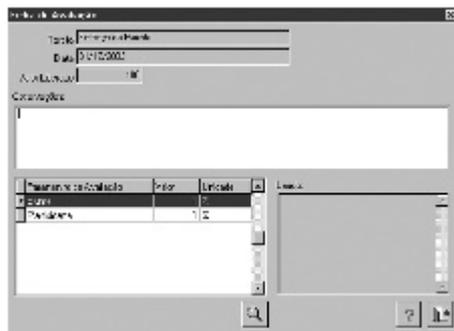


Figura 15 – Avaliação

## Funções do módulo PDA

O módulo PDA concentra as informações inseridas no módulo Desktop seguindo a lógica de tarefas, de modo a facilitar o seu acompanhamento. A navegação entre as diferentes informações é rápida, e é acessível a partir de toques nas “abas”, como em um fichário (ver Figura 16).

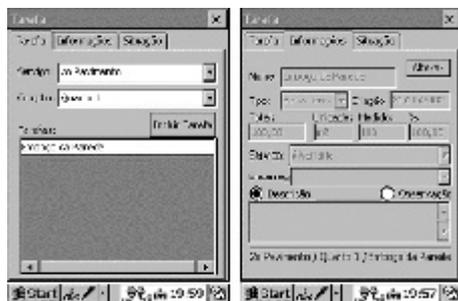


Figura 16 – Telas do gerenciamento no PDA



Figura 17 – Medição

A tela de situação da tarefa resume o andamento e permite abrir a lista de medições, com datas e responsável. É possível inserir observações adicionais, bem como editar os dados existentes. Também é permitida a inserção de uma nova tarefa, imprevista, criada no campo. A medição (Figura 16) é lançada em formulário próprio, o que permite uma eventual edição ou revisão posterior. Todo o sistema é controlado por senhas, estando previsto que nas versões definitivas seja incluído um passo de confirmação do operador, com nova solicitação de senha em casos de nova medição ou revisão de alguma antiga. A avaliação do serviço apresenta em uma primeira tela os parâmetros para aceitação, devendo ser registrado em outro formulário o desempenho real, bem como os dados do laudo externo, se for o caso.

## Sincronismo para retroalimentação e integração com outras plataformas

A ferramenta de sincronismo atua de modo bidirecional, retroalimentando o módulo Desktop com os dados das medições, das avaliações e das novas tarefas. Deste módulo tais informações podem ser exportadas para o MS Project, para atualização do cronograma geral da obra, ou para outros sistemas de controle da empresa.

Estava previsto no projeto incluir as transações de solicitação e recebimento de material, vinculando-as às tarefas e aos respectivos quantitativos, mas os problemas de desenvolvimento que retardaram o seu andamento comprometeram essa meta.

Já a integração para plataformas de controle contábil e financeiro não constava do escopo inicial, pois exige uma integração com documentos contratuais e sistemas que usualmente são mais personalizados, dificultando, no estágio atual, uma integração plena. Porém, as liberações para pagamento de tarefas, indicadores de que estas foram realizadas e aceitas, são de transferência relativamente fácil.

## Conclusões

O projeto atingiu seu objetivo principal, comprovando a viabilidade de implantar uma ferramenta de controle de obras baseada em PDA. Atividades e documentos que não estão usualmente incluídos em sistemas baseados em plataformas mais poderosas, como os PC-WINTEL, foram contemplados no sistema. A possibilidade de realizar medições aliadas a verificações padronizadas por procedimentos facilita sobremaneira a efetiva implantação de sistemas de Gestão de Qualidade, eliminando o retrabalho usual decorrente de uma visão burocrática comum nesses pontos.

As dificuldades de desenvolvimento, até certo ponto naturais quando se trata de inovação, prejudicaram em parte os objetivos secundários, uma vez que não foi possível a implantação de todas as funcionalidades desejadas, nem um teste de uso em escala mais ampliada.

Esse conjunto de fatores indica que o investimento realizado atingiu suas metas de capacitação tecnológica, porém os recursos aportados foram insuficientes para que o projeto atingisse um estágio que permitisse seu repasse para uma organização que realizasse a comercialização. Devem ser buscadas agora parcerias que possibilitem as complementações indicadas e a formatação comercial do produto.

**Luis Carlos Madeira** é arquiteto (1992), com especialização em Planejamento Urbano e Regional (1993) e mestrado (1999) na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Atua nos grupos: CDCON - Desenvolvimento de Terminologia e Codificação de Materiais e Serviços para a Construção e InfoHab - Centro de Referência e Informação em Habitação.  
E-mail: [madeira@civil.uff.br](mailto:madeira@civil.uff.br)

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim** é arquiteto (1974), mestre (1981) e doutor (1995) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Professor titular, desde 1984, na Universidade Federal Fluminense - UFF. Atua nas áreas da Qualidade, Gerenciamento, Tecnologia e Planejamento e Projetos de Edificação. Coordenador dos grupos: CDCON - Desenvolvimento de Terminologia e Codificação de Materiais e Serviços para a Construção e InfoHab - Centro de Referência e Informação em Habitação. Autor do livro QUALIPRO - Sistema de Acompanhamento da Qualidade e Produtividade (1998).  
E-mail: [leusin@civil.uff.br](mailto:leusin@civil.uff.br)

# 8.

## INFOHAB - Centro de referência e informação em habitação

Luis Carlos Madeira e Sergio Roberto Leusin de Amorim

### Resumo

O objetivo deste projeto foi implantar o INFOHAB – Centro de Referência e Informação em Habitação. Esse centro, formado por uma rede de universidades e liderada pela ANTAC, visa a captar, selecionar, organizar e divulgar informações sobre a produção, a manutenção e o uso da habitação, incluindo dados relativos às unidades habitacionais, aos grupamentos habitacionais, aos aspectos urbanísticos decorrentes dessa ocupação e aos aspectos legais da cadeia de produção, uso e reciclagem da habitação. O INFOHAB é uma base de dados virtual, disponível em [www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br), atendendo a uma importante demanda da comunidade técnico-profissional desse setor. Atualmente a base possui mais de 13 mil referências bibliográficas, das quais cerca de 1.100 teses e dissertações. Muitas dessas referências têm o seu conteúdo disponibilizado na íntegra no *site* para *download*.

191

### Introdução

A informação é um recurso tão fundamental quanto a energia e a matéria. É um elo indispensável e insubstituível entre as atividades intelectuais e materiais e

afeta todas as atividades humanas. A forma de comunicação do saber constitui-se, hoje em dia, no maior recurso das atividades da sociedade. Assim, a informação é direito de todos, é um bem comum e deve atuar como fator de integração, democratização e igualdade.

A qualidade da informação disponível para os membros de uma sociedade é um dos aspectos que evidenciam o grau de seu desenvolvimento, e o critério de uso da informação para decidir a respeito de seus problemas é um dos aspectos fundamentais da sua organização. É desnecessário enfatizar a importância da informação, uma vez que, além da escassez de recursos financeiros, é a falta de informação que distingue os países do Terceiro Mundo de outros mais avançados.

A informação, quando armazenada, deve ser colocada à disposição dos interessados, para que possa atingir seu principal objetivo: disseminar o conhecimento. O conhecimento não tem valor intrínseco: somente quando ele é transferido com sucesso é que tem valor, que é determinado pela necessidade do uso daquele conhecimento. A aquisição do conhecimento é um investimento com retorno imediato e produz excelentes resultados em médio e longo prazos, e a sua utilização é um eficiente estimulador de progresso social.

Por tudo isso, a informação tornou-se uma base essencial para o progresso da sociedade, devendo ser transferida de forma adequada e em condições para aquisição e assimilação de elementos que poderão propiciar uma modificação de forma a compensar deficiências ou provocar uma mudança nos padrões vigentes. Em geral, não há falta de informação no mundo atual – o que é crítico, em decorrência da sua abundância, são meios eficazes na transferência ou na recuperação da informação. Na trilogia documentária – produção, armazenamento e utilização –, indubitavelmente, o aspecto utilização era até agora o menos discutido. No entanto, a demanda real é a única medida irrefutável da utilidade tanto da informação produzida quanto da documentação armazenada.

Na obtenção da informação correta existem problemas sérios tais como quantidade necessária e tempo exato. A natureza dos problemas de informação pode ser encarada como um paradoxo entre a quantidade e a qualidade: superabundância na fonte mas escassez para o destinatário. Além disso, o valor da informação varia de acordo com o tempo no qual é recebida. Por essa razão, a receptividade da informação depende do momento em que for recebida.

Um dos eventos mais importantes ocorridos na área da informação foi sua informatização, que permitiu mudanças extraordinárias na agilização de distribuição

e acesso. Apesar desses benefícios, o problema dos usuários em obter informação relevante não foi aliviado de maneira significativa, e muitas soluções, baseadas em novas tecnologias da informação, resultaram em novas barreiras, impondo novos níveis de complexidade e dificuldade para os usuários. O grande benefício da aplicação da tecnologia na transferência da informação é a democratização de seu acesso. Portanto, o seu acesso e a sua utilização, antes monopólio de alguns, devem se tornar igualitários, sem elitismos ou protecionismos. Apesar de alguns insucessos, progressos reduziram a “distância” entre a fonte produtora da informação e a fonte consumidora. Porém, ao mesmo tempo, o crescente volume de fontes à disposição colocou novos problemas de seleção e confiabilidade.

No caso específico da construção, um setor em que predominam as pequenas e médias empresas, geograficamente dispersas e, em geral, com uma capacitação tecnológica relativamente limitada, as dificuldades de acesso à informação confiável, de modo rápido, são substanciais. Mesmo as universidades e centros de pesquisa que lidam com o tema têm dificuldades freqüentes para uma efetiva troca de experiências, sendo comum a repetição de esforços de pesquisa ou estudo, pois nem sempre existe um acesso fácil à informação pertinente. Os aparelhos de busca não são especializados, e as bases de dados são também dispersas. Nesse contexto, existem sérias dificuldades para promover a difusão de novas tecnologias e produtos. Conservador por natureza, o setor demora a absorver de qualquer tipo de novidade.

## Objetivos do INFOHAB

Uma estratégia para colaborar com a quebra dessa inércia é facilitar o acesso à informação tecnológica e criar novas formas de distribuição, que podem ser integradas ao uso de ferramentas de cunho prático que começam a se tornar comuns, tais com o *e-commerce*, *e-procurement* e gerenciamento de projetos com ferramentas WEB.

Ao focar a disseminação das informações tecnológicas, tecendo uma ponte entre a área acadêmica e os setores técnicos e produtivos da construção, o INFOHAB pretende facilitar a disseminação do conhecimento e uma análise mais precisa das condicionantes e estratégias para a implantação de novas tecnologias, incentivando o uso da tecnologia desenvolvida para condições nacionais e favorecendo a melhoria de qualidade e produtividade do setor.

Ao atender a demanda por informação classificada, facilitando o processo de seleção de produtos e serviços, o INFOHAB visa a contribuir para o aumento da competitividade das empresas, incorporando a elas aspectos técnicos e não só de preço. Na área acadêmica, o INFOHAB vem a facilitar o acesso à produção do setor, concentrando e ordenando as informações.

Através do INFOHAB, os fabricantes e fornecedores de materiais e serviços para a construção, construtoras, empresas de engenharia e arquitetura, incorporadores, bem como pesquisadores e estudantes, enfim, todos aqueles ligados ao processo produtivo da construção e a seu desenvolvimento tecnológico, contam com uma fonte inestimável de informações, acessando toda a produção acadêmica nacional.

O Centro de Referência pretende atingir basicamente o usuário técnico e o acadêmico, bem como estimular a interação dos diferentes grupos técnicos acadêmicos entre si e com as empresas do setor da construção. O usuário técnico em geral se apresenta mais interessado em uma consulta técnica sobre um material, componente ou serviço da construção. Assim, a formatação de busca acaba por seguir uma classificação desses itens ou busca por palavras-chave. O segundo grupo tem se mostrado mais interessado em buscar informações relativas a textos, seja através de busca por assunto, seja por palavras-chave, autor ou instituição.

Para que a interação entre esses dois grupos se realizasse, procurou-se garantir desde o início a recuperação das informações relativas a ambos, e possibilitar a troca direta de informações via contato entre agentes. Para tanto, não somente todos os documentos possuem localização eletrônica dos autores, instituições e do núcleo responsável pela catalogação do documento, como também disponibilizam-se as informações e os contatos com os responsáveis pelos produtos e serviços vinculados à consulta realizada.

Além disso, foi desenvolvida uma ferramenta de busca baseada nos itens de obra mais comuns. Através de uma árvore hierárquica dos processos usuais nas edificações, é possível procurar os documentos relacionados, sejam normas, textos ou pesquisas classificadas naquele tema.

De forma a facilitar e dar consistência ao trabalho de indexação dos documentos, permitindo rápida recuperação das informações pelos pesquisadores consulentes técnicos, inclusive aqueles voltados para o segmento de comércio eletrônico, em especial no gênero B2B (Business-to-Business, ou seja, entre empresas), foi

feito um esforço relevante na construção de um instrumento de controle da terminologia. Afinal, todo esse volume documental disponibilizado na página necessita de ferramentas que facilitem o tratamento e o acesso a essas informações, para permitir ao pesquisador um resultado eficaz, rápido e com a garantia da qualidade em seu conteúdo.

Com um sistema de busca bastante interativo e informação já classificada por especialistas, o site facilita a pesquisa por referências nos mais variados assuntos e também auxilia o educador na orientação e no fornecimento de referências. Como o acesso à informação é gratuito e basta que o usuário ou instituição tenha um computador ligado à rede, pelas próprias características da ferramenta que se está utilizando, o site democratiza as condições de acesso à informação especializada e equaliza as condições de capacitação profissional.

Com a oferta de informações da área acadêmica e de produtos e serviços, a distância entre a teoria e a prática se encurta e enriquece a formação profissional. Por outro lado, o vínculo entre a área de produtos e o acervo técnico expõe a produção acadêmica, facilitando a absorção pelo setor produtivo dessas novas tecnologias e conhecimentos.

Ao permitir um aprimoramento do processo de capacitação profissional, do conhecimento do estado da arte do conhecimento e do mercado junto à melhoria da interação entre agentes com interesses coincidentes, o projeto pretende incentivar o uso da tecnologia desenvolvida para condições nacionais, favorecendo as condições para que níveis crescentes de qualidade e de produtividade sejam incorporados por toda a cadeia de produtos e serviços.

O INFOHAB é uma base de dados virtual disponível na Internet, na página (URL) [www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br), permanentemente atualizada, que disponibiliza referências bibliográficas e, sempre que autorizado, com o texto completo de trabalhos, estudos e pesquisas na área do ambiente construído, bem como produtos e serviços correspondentes à consulta realizada. São disponibilizados na íntegra os materiais livres de *copyright* e aqueles em que há autorização expressa dos autores. Seu principal objetivo é facilitar o acesso à informação técnica relativa a todos os aspectos e disciplinas que estão contidos na abrangência do conceito de ambiente construído (que inclui arquitetura, urbanismo e construção civil) através de captação, seleção, organização e divulgação dessa informação.

Os objetivos do projeto são fundados nas possibilidades oferecidas pela Internet e pelas novas tecnologias de informação no sentido da difusão da informação e da tecnologia e da criação das condições fundamentais para se atingirem padrões superiores de qualidade na informação, nos produtos e nos serviços oferecidos na área de competência do projeto.

## Estrutura organizacional

O Centro de Referência baseia-se no conceito de rede cooperativa entre instituições, cada uma delas com tarefas especializadas e coordenadas entre si, refletindo seu espírito multidisciplinar. Na realidade, não é um centro “fisicamente materializado”, mas um conjunto virtual, onde as diversas tarefas são divididas de acordo com o critério de otimização de competência.

O INFOHAB conta atualmente com a participação de dez universidades (ver relação de instituições no Anexo A) e de alguns parceiros, entre os quais a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A estrutura organizacional do INFOHAB é composta dos Núcleos Vinculados e dos Grupos Associados, unidades executoras sob a responsabilidade da ANTAC, e a coordenação geral, de uma Secretaria Executiva, sendo gerido por um Fórum de Coordenadores (Figura 1).

A Secretaria Executiva (SEXEC) é encarregada dos aspectos operacionais e da coordenação geral e logística, bem como dos aspectos técnico-administrativos, representando o INFOHAB nos convênios e demais atos administrativos. Estão entre suas funções diretas: a administração, o gerenciamento, o controle da qualidade dos processos de trabalho, a elaboração de procedimentos, novos projetos, a implementação de parcerias, além de também agregar as funções de captação e catalogação de documentos.

Os Núcleos Vinculados e os Grupos Associados constituem-se nos núcleos executores. São instituições técnicas responsáveis pela coleta primária de informações, de acordo com sua especialização e competência, bem como pela seleção e classificação das informações pertinentes, compostas de teses, dissertações, livros, revistas, artigos de congresso, artigos de periódicos, especificações de serviços, normas técnicas, relatório de pesquisa, endereços www e informações sobre materiais de construção. Os grupos associados são também responsáveis pela garantia de origem das informações, assim como o seu controle de qualidade, de tal forma que

essas informações possam ser disponibilizadas para referência ou consulta em geral.

O Núcleo de Sistemas é responsável pelo desenvolvimento e pela manutenção dos sistemas de catalogação dos documentos, pela agregação das bases no banco de dados, pelo sistema avançado de busca e pela manutenção da página na Internet, além de, em conjunto com a Secretaria Executiva, garantir a funcionalidade dos sistemas informatizados e a atualização de suas normas operacionais.

Em apoio a essa estrutura existe um Comitê Consultivo para dar suporte às políticas e ao plano geral de atuação, suas diretrizes estratégicas e linhas operacionais gerais do Centro. Este comitê é também responsável por dirimir eventuais conflitos entre os parceiros, garantindo ao INFOHAB direcionar seus esforços para onde o setor indique as maiores necessidades. No Comitê têm assento representantes da ANTAC, MCT, FINEP, Caixa Econômica, CNPq, SEDU, CBIC e do Fórum da Indústria e Comércio de Materiais de Construção.

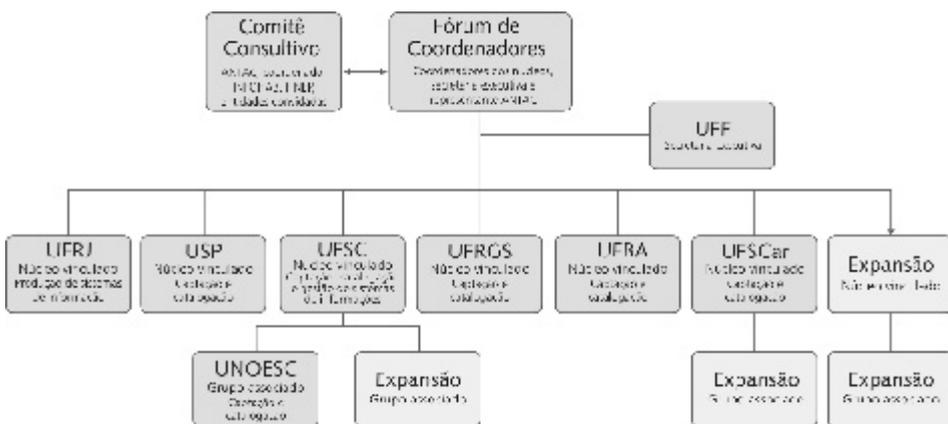


Figura 1 – Organograma geral do INFOHAB

## Serviços oferecidos pelo INFOHAB

A página do INFOHAB oferece um sofisticado **sistema de busca avançado** em seu acervo de publicações, que, depois de passar por uma série de transformações, permite a operação de busca com até três palavras articuladas através de conectores booleanos aplicados sobre qualquer campo de indexação dos documentos. A recuperação dos documentos pode também ser definida pelo usuário por período determinado ou por tipo de documento.

A página oferece também informações sobre os principais **eventos** na área de interesse do usuário, com mecanismo de busca por período ou palavra-chave, bem como por data de entrega de resumos, desde que o evento a ser buscado tenha como condição para efetivação de participação do indivíduo a entrega de resumos e trabalhos finais.

O INFOHAB disponibiliza o **InfoZine**, um serviço de boletim eletrônico personalizado que apresenta os resumos de notícias, eventos e a lista de novas aquisições das áreas de preferência do usuário, que recebe informação de modo regular em sua caixa postal eletrônica. As principais chamadas, com o resumo de notícias e eventos, são apresentadas na página principal do INFOHAB.

Após dois anos de projeto, a página do INFOHAB passou por uma reformulação que, além de incorporar novos serviços para seus usuários, reestruturou e sofisticou a base de sistemas. Essa reformulação permitiu, entre outras facilidades, a catalogação on-line de documentos, o controle e gerenciamento automático da catalogação, a importação de bases de dados disponíveis no mercado (compatibilidade) e o controle eficaz da página na *web*. A modernização das ferramentas de sistema, somada à expansão da rede de captação com o início de operação de três novos núcleos, permitiu ampliar consideravelmente a capacidade de expansão de nosso acervo de documentos, que já contém mais de 14.000 documentos. Abaixo são apresentados alguns dados atualizados em outubro de 2002.

- Número de acessos: 71.732
- Downloads efetuados: 127.699
- Estatísticas do Acervo Bibliográfico (Total da Base: 14.339 registros)
  - Teses e Dissertações: 1.197
  - Artigos de Congressos: 9.249
  - Anais de Congressos: 129
  - Normas Técnicas: 900
  - Especificações Técnicas: 150
  - Legislações: 42
  - Artigos de Periódicos: 2.250
  - Periódicos: 92
  - Livros: 120
  - Relatórios Técnicos: 164

## Parcerias

O estabelecimento de diferentes formatos de parceria é uma das formas através das quais é possível expandir a base de dados e a abrangência do público, bem como ampliar os serviços prestados e criar oportunidades de obtenção de recursos. As parcerias objetivam, inicialmente, a inclusão e a divulgação dos textos e documentos que constem no acervo de cada um desses agentes e que estejam contidas nas áreas de interesse do INFOHAB. A operacionalização da parceria deve ser realizada sem custos e de maneira a ser definida entre as partes interessadas.

O INFOHAB, considerando o formato básico de parceria, oferece um *link* para a página do responsável pelo banco de dados sempre que suas referências forem acessadas. O responsável pela cessão das informações deve fornecer a referência básica de cada publicação indicando a ficha bibliográfica (título, autor, editora, etc.), se possível com resumo e/ou sumário e com endereço na Internet do autor, além do vínculo para que se possa encaminhar o usuário direto ao responsável pelo acervo adquirido. Quando houver interesse de ambas as partes, informações suplementares, tais como trechos da publicação, resenhas ou imagens da capa, poderão também ser publicadas, respeitados eventuais limitações técnicas e direitos autorais.

Entre as várias formas de parceria, são citadas as seguintes:

· Unidades acadêmicas e instituições (produtores de informação): a ampliação da rede de unidades executoras deve privilegiar unidades acadêmicas de excelência e a localização geográfica, visando a ampliar a abrangência de captação de material técnico a todo o território nacional. Uma condição importante para o estabelecimento dessas parcerias consiste em que os núcleos não dependam de qualquer tipo de financiamento do INFOHAB para a sua adesão e perfeito desempenho.

Deve ser registrada a parceria estabelecida com a ABNT, com o objetivo de divulgar as normas técnicas, e a incorporação, no final do ano 2000, dois anos após o início do projeto, de quatro novas unidades acadêmicas associadas – UFJF, UFSM, UFPel e UNOESC. O INFOHAB está em constante processo de negociação com outras instituições, entre as quais a Caixa Econômica Federal, sendo o principal objetivo da parceria a catalogação e divulgação do acervo do BNH que está sob sua responsabilidade, e a Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDU) do Governo Federal, com a proposta de criação de um núcleo associado na área de saneamento urbano.

Embora estejam inseridas no quadro da atuação em parceria com outras instituições, destaca-se a criação de novas áreas temáticas como um dos fatores para a consolidação da rede INFOHAB. As áreas em negociação são Energia nas Edificações e Saneamento. A primeira será voltada para a organização do conhecimento técnico no segmento de racionalização de consumo energético, ponto reconhecidamente fraco em nossas construções em geral. Já a área de Saneamento pretende suprimir uma lacuna importante nesse campo específico. A montagem de núcleos específicos, com fontes de financiamento definidas, permite estruturar essas ações de modo confiável. A proposta para a área de saneamento está sendo encaminhada para o PAT PROSANEAR, e um projeto para a área de energia está em discussão com o MCT.

· Congressos, seminários e outros eventos (produtores de informação): essas parcerias, além de contribuírem com a divulgação e a consolidação do conhecimento, ao publicar os textos completos, podem aumentar o universo de interessados na compra dos anais em CD e mídia papel, bem como incrementar o retorno financeiro do evento. Claramente não há vantagens econômicas em “baixar” todos os artigos do evento no site, sendo naturalmente mais compensatória a compra do CD-ROM com os anais do evento. O contato para informações e comercialização é disponibilizado no site em cada uma das referências correspondentes.

O INFOHAB oferece ainda a divulgação do evento em sua página, tanto na seção de eventos como através de *banners* inteligentes, vinculados aos assuntos consultados, e de seu boletim de notícias. O modelo básico da parceria não tem custos para seus organizadores. No futuro pretende-se estabelecer parcerias mais amplas, que poderiam se estender para a organização da versão virtual de todo o evento em seus diversos aspectos, desde divulgação e inscrição até a publicação de resultados, incluindo, também, a comercialização dos anais e dos seus demais produtos. A hospedagem desses sites permitiria, ainda, a agregação automática do acervo de trabalhos do evento.

· Editoras (produtores de informação): seu acervo seria periodicamente enviado para o INFOHAB. A parceria poderia prever a comercialização de suas publicações pelo INFOHAB, para o qual seria destinada parte da verba.

· Bibliotecas (organizadores de informação): essas parcerias baseiam-se na importação de bases já catalogadas. Uma parceria nesses moldes já foi estabelecida com a Biblioteca da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal Fluminense (BAU/FAU/UFF). Também podem participar dessas

parcerias outras instituições de disseminação de informações que possuam banco de dados relevantes na mesma área de interesse ou mesmo aquelas que, de alguma forma, possam potencializar a capacidade do projeto, para cumprir seus objetivos fundados na difusão da informação e da tecnologia.

·Sites (organizadores de informação): esse tipo de parceria pode se dar através da incorporação ou acesso mútuo às bases disponibilizadas em outro site que seja voltado a temas de interesse comum, ou pela indicação de sites de interesse com o comprometimento de disponibilização mútua de *links*.

## Avaliação da situação atual

O início das atividades do INFOHAB data de setembro de 1998. Após a fase de desenvolvimento e implementação do projeto, iniciou-se uma nova etapa. Diante do caráter e dos objetivos do Projeto, o principal desafio, a partir de então, passou a ser conseguir estabelecer-se como uma organização auto-sustentável, ou seja, sem financiamento público, como previsto no edital de origem.

Não são poucas as dificuldades existentes para que isso seja possível. Uma das providências realizadas pela coordenação geral do INFOHAB foi a elaboração de um diagnóstico com o intuito de lançar um conjunto de ações que visassem fundamentalmente a consolidá-lo como um Centro de Referência e Informação em Tecnologia do Ambiente Construído e, sem comprometer a qualidade e a credibilidade e seus objetivos maiores, viabilizá-lo comercialmente.

Alguns conceitos fundamentais para a elaboração do projeto, com o esboço de uma estrutura planejada e o desenvolvimento de uma estratégia de ação dessa nova fase do INFOHAB, estavam baseados na redefinição de sua missão, de sua visão que estabelece sua meta e de seus valores fundamentais. A missão do projeto reafirmou o objetivo de promover a Gestão do Conhecimento na área do Ambiente Construído, fundamentalmente através da disponibilização da produção acadêmica nacional e de serviços orientados ao cliente. A visão do projeto consiste em se tornar o maior referencial nacional em informação do Ambiente Construído na Internet. Seus valores reafirmaram a qualidade da informação, a presteza na resposta ao cliente e a credibilidade.

Como pontos fortes, foram identificados a estrutura organizacional em rede cooperativa virtual, com organização operacional de fácil ampliação, comunicação e

baixo custo; a distribuição geográfica da rede em quase todo o território nacional; o respaldo acadêmico; o valor consolidado junto às instituições públicas de financiamento de pesquisa; e o caráter diferenciado do serviço prestado.

Como pontos fracos, identificaram-se a pouca agilidade na tomada de decisões devido à estrutura multigerencial; os pesados investimentos exigidos em sistemas para gerenciamento e comunicação, dada a estrutura virtual; a falta de consolidação da cultura organizacional, dificultando o engajamento dos novos profissionais e uma maior eficácia dos trabalhos realizados, quadro agravado pela rotatividade dos bolsistas; a dependência financeira de órgãos governamentais e dificuldade de auto-sustentação; a inadequação da estrutura organizacional e da jurídica para atuar de forma agressiva junto ao mercado, devido à sua origem cooperativa acadêmico-institucional.

Entre as competências a desenvolver estão a simplificação da estrutura gerencial, agilizando a tomada de decisões e flexibilizando a estrutura organizacional; a busca por menores prazos entre o planejamento e a execução dos processos; a consolidação de uma cultura organizacional; a consolidação da marca INFOHAB; e a transformação do caráter acadêmico-institucional para o de uma instituição ágil e competitiva (empresa ou ONG). Vale ressaltar que os desafios de sua consolidação caminham junto aos da garantia de sua própria sobrevivência, e de sua rede organizacional e de informações já estruturadas.

## **Ações para auto-sustentação financeira**

Entre as ações que podem ser implementadas a partir desse diagnóstico estão aquelas que se referem à garantia de sustentabilidade econômica do INFOHAB, o que garantiria sua própria sobrevivência e a ampliação dos serviços prestados e do banco de dados da página. Essas ações podem ocorrer mediante financiamento e parcerias, contando com a estrutura já existente do INFOHAB.

A ampliação do público-alvo, com a agregação de outros usuários, é condição para o sucesso dessas ações. O público-alvo atual do INFOHAB é composto basicamente de dois segmentos: a comunidade acadêmica e a comunidade técnica da área empresarial, composta de engenheiros, arquitetos e técnicos de nível médio que atuam em empresas de construção. No momento não há um levantamento qualitativo, muito embora se perceba, pelos e-mails e comentários enviados, uma nítida predominância da comunidade acadêmica.

Isso é previsível, uma vez que as ferramentas idealizadas para atração de um público técnico-empresarial, diretamente voltado para a produção, ainda não estão operacionalizadas. Destaca-se, entre elas, as parcerias com as empresas de comércio eletrônico de materiais e produtos para a construção, fornecendo informações para os processos gerenciais vinculados, com destaque para o *e-procurement*, através de acesso direcionado ao acervo. Vários portais foram contatados, e entre eles algumas parcerias iniciaram processos de negociação, que, entretanto, não redundaram em resultados positivos, em consequência do momento difícil por que passam essas empresas e da falta de clareza em relação às vantagens específicas da valorização dessas informações para esses portais.

Já foi vislumbrada também a venda de serviços que possuam uma demanda específica coerente com o objeto das atividades envolvidas, que articulam, entre outros elementos, tecnologia da informação, gestão do conhecimento e elaboração de conteúdo especializado na área específica de tecnologia da construção. Entre os serviços estão os de busca dirigida de informação, montagem de acervos técnicos e catalogação e classificação de produtos e serviços. Essa linha de ação, embora represente um serviço importante, só apresenta viabilidade, se tanto, em longo prazo.

No que se refere à ampliação dos serviços prestados na página, como um dos exemplos, existe a possibilidade de ser criada a editora INFOHAB, voltada para publicações técnicas, agregando valor e qualidade à página, de modo a viabilizar a comercialização de espaços para divulgação e reforçar a marca INFOHAB. A editora justifica-se não só por representar um investimento mínimo, mas por atrair um novo tipo de autor, que não se sente compensado por autorizar a divulgação de seu trabalho. A rentabilidade, porém, também deve ser muito baixa, pois o mercado de publicações técnicas é reduzido, estreitando-se ainda mais no formato eletrônico.

Em particular, é preciso buscar fontes que financiem o público acadêmico, pois este é o grande beneficiado pelo projeto até o momento, e os sistemas de financiamento cruzado, no qual o mercado técnico-empresarial geraria recursos para todo o INFOHAB, comprovaram-se inviáveis. As empresas fazem uma avaliação cuidadosa do impacto comercial de suas ações e não estão dispostas a sobreavaliá-las.

## **ANEXO A – Instituições participantes e listagem de coordenadores e representantes**

### **Núcleo UFF – Universidade Federal Fluminense**

- Coordenação Geral do Projeto e da Secretaria Executiva
- Coordenação de Sérgio Leusin, DSc. (UFRJ/COPPE), Professor da Escola de Arquitetura e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ci-

### **Núcleo UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina**

- Coordenação de Roberto Lamberts, Ph.D. (Universidade de Leeds, Grã-Bretanha), Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC
- Coordenação de Sistemas: Malik Cheriaf

### **Núcleo UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

- Coordenação de Carlos Torres Formoso, Ph.D. (Universidade de Salford, Grã-Bretanha), Professor do Núcleo Orientado pela Inovação da Edificação (NORIE) da UFRGS

### **Núcleo USP – Universidade de São Paulo**

- Coordenação de Vanderley M. John, Dr. (EP/USP), Professor da Escola Politécnica da USP

### **Núcleo UFSCar – Universidade Federal de São Carlos**

- Coordenação de Luiz Antonio Nigro Falcoski, Dr. (FAU/USP), Profes-

### **Núcleo UFBA – Universidade Federal da Bahia**

- Coordenação de Angela Gordilho Souza, Dra. (FAU/USP), Professora da Faculdade de Arquitetura da UFBA

## **Grupos Associados**

### **UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina**

- Coordenação de Claudio Alcides Jacoski, MSc. (UFSC), Professor da UNOESC

### **UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora**

- Coordenação de José Gustavo Francis Abdalla, Dr. (UFRJ), Professor da UFJF

### **UFSM – Universidade Federal de Santa Maria**

- Coordenação de Margaret Souza Schmidt Jobim, MSc. (UFRGS), Professora do Centro de Tecnologia da UFSM

### **UFPeI – Universidade Federal de Pelotas**

- Coordenação de Sérgio Lund Azevedo, Dr. (UFRGS), Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPeI



**Marta Maria Soban Tanaka** é arquiteta pela Universidade Mackenzie, em São Paulo (1985). Mestrado e doutorado em Arquitetura pela Universidade de São Paulo - USP. Atuou na Prefeitura do Campus da USP na coordenação de projetos de edificação e urbanização da cidade universitária. Coordenadora do projeto Cadastro Informatizado de Habitação Popular. Atua como coordenadora da área de Estudos sobre Habitação Popular do Laboratório de Estudos sobre Urbanismo, Arquitetura e Preservação (LAP), da USP.  
E-mail: [mmtanaka@usp.br](mailto:mmtanaka@usp.br)

# 9.

## Acervo de habitação popular heterodoxa

Marta Maria Soban Tanaka

### Resumo

O objetivo deste projeto foi desenvolver um sistema informatizado para registrar experiências de produção de habitação popular, visando a contribuir para a busca de alternativas para a habitação de interesse social no Brasil e a criar um mecanismo para a incorporação dessas experiências à memória.

Criou-se o banco de dados entre 1993 e 1995, com recursos da FINEP. Posteriormente, ampliou-se a base com o trabalho de um grupo de bolsistas de iniciação científica da FAPESP, através do registro das condições de moradia e da caracterização das famílias de conjuntos habitacionais cuja construção foi promovida pela Prefeitura Municipal de São Paulo entre 1983 e 1996.

207

### Introdução

O LAP – Laboratório de Estudos sobre Urbanismo, Arquitetura e Preservação da FAU/USP, criado pelo professor Nestor Goulart Reis em 1992, vem realizando diversos estudos sobre habitação popular. O projeto Acervo de Habitação Popu-

lar Heterodoxa foi iniciado em 1993, com recursos da FINEP. Na sua primeira etapa, que se estendeu até 1995, implantou-se um banco digital de habitação popular, no qual foram cadastradas 380 experiências de assentamentos urbanos e unidades de moradia, incluindo as seguintes categorias:

- produções espontâneas e intervenções em cortiços, favelas e ocupações urbanas;
- conjuntos e unidades de moradias produzidas pela iniciativa oficial; e
- conjuntos e unidades de moradias produzidas pela iniciativa privada.

Nessa etapa, foram realizadas pesquisas das condições de moradia e caracterização das famílias nos conjuntos Cachoeirinha e Jardim Sabiá.

Na segunda etapa do trabalho, realizada com bolsistas de Iniciação Científica da Fapesp<sup>1</sup> entre 1997 e 2000, foi ampliado o cadastramento de experiências no período 1983-1996, a partir do levantamento das condições de moradia e da caracterização das famílias de conjuntos habitacionais das gestões da Prefeitura Municipal de São Paulo listados abaixo:

- Gestão Mario Covas (1983-1985): pesquisa direta no Jardim Educandário;
- Gestão Jânio Quadros (1986-1988): pesquisa direta no Projeto Modelar do Conjunto Adventista;
- Gestão Luiza Erundina (1989-1992): pesquisa direta no Conjunto São Francisco VIII; e
- Gestão Paulo Maluf (1993-1996): pesquisa direta no Conjunto Cingapura Zachi-Nachi;

Além disso, foram analisadas algumas soluções alternativas de construção, com base na experiência da Vila Mutirão, em Goiás, e em canteiros experimentais de Narandiba (BA) e Heliópolis (SP).

208

A partir desses levantamentos, foi criado o Banco Digital de Habitação Popular, que conta agora com aproximadamente 500 experiências e empreendimentos de habitação popular cadastrados. Foram utilizados o programa FOXPRÓ para registros de dados e cruzamentos de campos e o FOTOSHOP para digitalização das imagens.

<sup>1</sup> Bolsistas de Iniciação Científica: Ana Paula Bruno, André Yuri Flores Urushima, Paulo Emílio Buarque Ferreira, Catherine Jacqueline Suzanne Gallois e André Carrasco.

O seu processo de desenvolvimento trouxe também outros resultados:

- estudos das diferentes formas de morar da população de baixa renda;
- consulta a todas as prefeituras municipais do Estado de São Paulo sobre soluções encontradas para projetos e construções de habitação popular;
- criação de uma estrutura de sistematização de informações qualitativas, quantitativas e imagens de habitação popular;
- criação de um método de levantamento de dados secundários;
- pesquisas diretas e sistematização de dados em assentamentos populares; e
- criação de um método de registro de informações quantitativas e qualitativas, incluindo imagens, a partir de programas computacionais existentes.

Pretende-se reformular o programa gerenciador do banco de dados e revisar a sua estrutura.

## Estruturação do banco de dados

As informações do Banco Digital de Habitação Popular estão dispostas em campos descritivos, analíticos e imagens, sendo estruturadas pelas diferentes etapas de produção, conforme se segue:

- campos fechados (é possível definir o número de variáveis);
- campos abertos (descritivos);
- campos analíticos (indicadores); e
- imagens.

As informações registradas em campos abertos e fechados são as seguintes:

- descrição da experiência;
- localização;
- datas de início e término;
- uso do solo: área do terreno, população, densidade;
- tipo de experiência e estágio na data da informação;
- sistema construtivo: tipo, empresa proponente, material, avaliação de desempenho;
- tipo de construção: mutirão, autoconstrução, empresa, misto;
- tipo de projeto, quantidade, área média e tipos (unifamiliar e multifamiliar);
- caracterização da participação quanto ao tipo e vínculo: técnicos, públicos, privados e usuários;

- situação jurídica da terra; e
- bibliografia.

Nos campos analíticos foram registradas as seguintes informações:

- participação: usuário, empresa privada, órgão público, instituto, faculdade ou universidade, entidades internacionais, comunidade, técnicos, associações e entidades populares;
- projeto urbano: desenho urbano, sistema viário, acesso de pedestre, infra-estrutura urbana, equipamentos sociais, mobiliário urbano, tratamento de esgoto, coleta e tratamento de lixo, paisagismo;
- projeto das edificações: projeto de unidades (multifamiliares ou unifamiliares);
- recursos, administração e financiamento: origem dos recursos, aplicação dos recursos, forma de financiamento, custo do empreendimento, forma de subsídios, administração do empreendimento;
- construção: organização do canteiro de obras, processo construtivo, materiais empregados, produto final, prazo de execução, custo final da unidade; e
- proposta/conteúdo: destaque pelo conjunto do empreendimento;

No registro de imagens foram incluídas as seguintes informações complementares:

- data;
- fonte;
- autor;
- conteúdo;
- etapa documentada; e
- conteúdo da imagem

## Organização e entrada de dados

### Informações gerais

As informações gerais de cada experiência estão organizadas em uma tela de entrada definida como “RG”, onde são cadastrados dados e imagens que permitem uma visão geral da experiência (Figura 1). Na tela existem botões para articulação com todos os campos, manuseio do acervo e comandos de manutenção.



Figura 1 – Tela de entrada (RG da experiência)

## Informações específicas

Foram definidos campos especiais para caracterizar os diferentes tipos e níveis de **participação** de órgãos públicos, empresas construtoras, técnicos, sociedade civil e usuário. A divisão em subcampos permite a identificação e localização de cada participante, o nível e o tipo de participação.

São registradas informações sobre as **tipologias** adotadas (unifamiliar ou lote e multifamiliar), número de tipos para cada uma das tipologias, número de moradias e área média das moradias.

No campo sistema construtivo são registradas informações sobre:

- método predominante adotado na construção: convencional, pré-moldado *in loco*, pré-moldado em usina e industrializado;
- nome da empresa responsável pelo sistema construtivo;
- proponente;
- materiais utilizados; e
- avaliação técnica de desempenho do sistema construtivo empregado<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> A maioria das experiências populares registradas não foram avaliadas sistematicamente. A realização destas avaliações foi sugerida quando da visita de avaliação dos resultados desta pesquisa, que contou com a presença da Sra. Ana Maria Souza, da FINEP, e da Geógrafa Ros Mari Zenha, do IPT. Foi sugerido também criar no futuro um mecanismo de integração entre os bancos de dados produzidos pelo LAP/FAU e pelo IPT.

## Informações sobre mão-de-obra empregada na construção das moradias

São registradas em campos fechados:

- autoconstrução;
- mutirão;
- mão-de-obra contratada;
- empreiteira; e
- não se aplica.

## Informações sobre uso do solo

O registro da área total do terreno e da população total prevista permite, na ficha de saída, o cálculo automático da densidade.

## Informações sobre a situação jurídica da terra

Tais informações possibilitam verificar se a experiência está de acordo com as exigências legais ou se necessita de regularização.

A situação jurídica da terra é detalhada em campos que permitem avaliar o estágio de regularização do imóvel ao tempo do levantamento:

- expropriada: decreto ou ação de expropriação, depósito efetuado, emissão de posse e escritura repassada;
- invadida: proprietário com ação, aquisição pelos moradores, aquisição pelo poder público, aquisição por instituição/sociedade civil, área de uso comum, área de bem dominial; ou
- adquirida: órgão público, instituição/sociedade civil, moradores.

As imagens digitalizadas incluem fotos, plantas, desenhos e croquis. Deve ser preenchida uma ficha (Figura 2) com legenda e campos específicos relativos a:

- etapa documentada: projeto/desenho, estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo, local antes da obra, local da moradia anterior, construção e moradias ocupadas;
- conteúdo da imagem;
- tipo de original;
- créditos;
- fonte; e
- acervo.



Figura 2 – Modelo de ficha para registo de imagens

Os campos dos aspectos inovadores representam uma síntese analítica de cada experiência cadastrada. Devem ser consideradas a data da experiência e a data da análise, pois alguns aspectos deixam de ser inovadores em determinada época. Foram definidos em seis campos:

- Participação;
- Projeto urbano;
- Projeto das edificações;
- Administração e financiamento;
- Construção;
- Proposta/conteúdos; e
- Melhoria de assentamentos existentes.

Cada campo foi subdividido em variáveis consideradas as mais significativas para a definição das inovações introduzidas (Figura 3).



Figura 3 – Ficha para registo dos aspectos inovadores

## Consultas

### Produtos de cruzamentos e aplicação de filtros

As consultas ao banco podem ser realizadas a partir de uma determinada experiência ou através de cruzamentos de campos para obtenção de grupos de experiências que atendam às variáveis solicitadas. Seguem alguns exemplos de consultas que podem ser realizadas:

- relação das intervenções em favelas na cidade de São Paulo realizadas no período de 1990 a 1999;
- relação dos conjuntos habitacionais realizados com a participação dos usuários pelo sistema de autoconstrução; e
- relação de experiências de construção de conjuntos habitacionais com mais de 500 unidades e densidade de população entre 50 e 100 hab/ha.

As consultas de uma determinada experiência, ou de uma relação de experiências, solicitadas através dos cruzamentos permitem a consulta em tela ou a impressão de fichas de:

- ficha RG da experiência contendo dados gerais (Figura 4);
- fichas de todas as imagens cadastradas (Figura 5); e
- bibliografia registrada da experiência.

The image shows a complex form titled 'EXPERIÊNCIA DE INTERVENÇÃO' (Intervention Experience). It is divided into several sections:

- PARTE GERAL (General Part):** Includes fields for 'Cidade' (City), 'Estado' (State), 'Data de Início' (Start Date), and 'Data de Término' (End Date).
- PROPOSTA (Proposal):** Contains 'Objetivo' (Objective) and 'Justificativa' (Justification) fields.
- LOCALIZAÇÃO (Location):** Includes 'Endereço' (Address) and 'Localidade' (Locality).
- DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA (Description of Experience):** A large text area for detailing the project.
- INFORMAÇÕES DE CONTATO (Contact Information):** Fields for 'Nome' (Name), 'Telefone' (Phone), and 'E-mail'.
- ANEXOS (Attachments):** A table with columns for 'Tipo' (Type), 'Descrição' (Description), 'Data de Início' (Start Date), and 'Data de Término' (End Date).
- LOGO DE IMPRESSÃO (Print Logo):** A section for printing the document.
- INFORMAÇÕES GERAIS (General Information):** Includes 'Número de Registro' (Registration Number) and 'Data de Registro' (Registration Date).
- LOGO DE IMPRESSÃO (Print Logo):** A section for printing the document.
- INFORMAÇÕES GERAIS (General Information):** Includes 'Número de Registro' (Registration Number) and 'Data de Registro' (Registration Date).

The form also features a photo of a building under construction in a favela setting. At the bottom, there is a logo for 'FINEP' and the text 'BRASIL'.

Figura 4— Exemplo de ficha impressa com dados gerais da experiência consultada

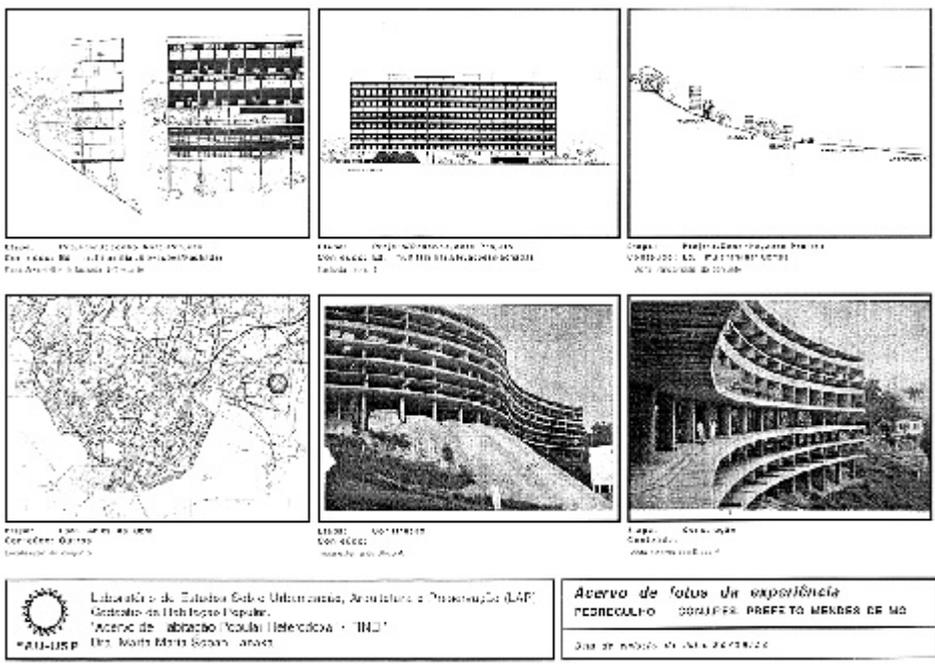


Figura 5 – Exemplo de ficha impressa com imagens da experiência consultada

Os produtos resultantes de cruzamentos e aplicação de filtros dependem do interesse do usuário entre as diferentes variáveis de cada campo:

- Identificação;
- Forma de construção;
- Aspectos inovadores;
- Tipo de participação, construção;
- Sistema construtivo;
- Uso do solo; e
- Situação jurídica da terra.

A aplicação de um cruzamento resulta em uma listagem das experiências que atendem aos parâmetros estabelecidos. O usuário poderá selecionar as experiências para visualização e/ou impressão. Pode também, a partir de uma seleção, continuar a introduzir novos parâmetros para uma busca mais específica. Seguem abaixo alguns exemplos de filtros:

## Filtro 1: Identificação da experiência

Este filtro contém as informações sobre tipo de experiência, localização, estágio do empreendimento na data do registro e data de início e do término da construção (Figura 6).

A imagem mostra uma interface de usuário para um formulário de identificação. O formulário é dividido em seções. A primeira seção contém três campos de menu suspenso: 'Tipo de experiência' (com opções S, A, U, N, P, C, O, T), 'Subtipo de experiência' (com opção Cortiço e ocupação de terras urbanas) e 'Favela de experiência' (com opção COTIÇO). A segunda seção, intitulada 'Localização', contém campos para 'UF' (com opção RJ) e 'Município' (com opção São Paulo). A terceira seção, intitulada 'Período de experiência', contém campos para 'Data de início' (com opção 1999) e 'Data de término' (com opção 2005). Há botões 'Filtrar' e 'Cancelar' à direita dos campos de experiência.

Figura 6 – Filtro “Identificação da experiência”

Todos os campos estão subdivididos em subcampos. Por exemplo, o campo “Tipo de experiência” está subdividido em:

- Habitação popular;
- Favela e ocupação de terras urbanas;
- Cortiço;
- UF;
- Município; e
- Ano, com possibilidades de alternativas para data específica e período com dois campos abertos para preenchimento livre.

Por sua vez, esses subcampos estão subdivididos em outros campos específicos. Por exemplo, o campo “Favela e ocupação de terras urbanas” apresenta um conjunto de variáveis que permite uma aproximação maior com o conteúdo da experiência cadastrada:

- Política;
- Programa;
- Legislação/Incentivos;
- Pesquisa/Trabalhos acadêmicos;
- Desfavelamento sem provisão de moradia;
- Desfavelamento com provisão de moradia;
- Urbanização sem provisão de moradia;
- Urbanização com provisão de moradia;
- Concurso;

- Aquisição de terra e/ou Regularização fundiária;
- Material de construção;
- Assistência técnica;
- Congresso/Seminário;
- Comunicação/Treinamento; ou
- Sem Informação.

Cada um desses subcampos possui suas subdivisões específicas.

## Filtro 2: Forma de construção

Este filtro (Figura 7) permite a seleção das formas básicas de construção em relação ao tipo de mão-de-obra:

- Autoconstrução;
- Mutirão;
- Mão-de-obra especializada;
- Empreiteira.

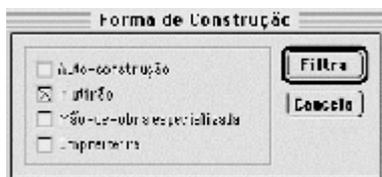


Figura 7 – Filtro “Forma de construção”

## Filtro 3: Aspectos inovadores

Este filtro permite a seleção de experiências de acordo com listagem de aspectos inovadores:

- Participação;
- Projeto urbano;
- Projeto das edificações;
- Construção;
- Administração/Financiamento; e
- Melhoria em assentamentos existentes.

Cada um dos itens acima está subdividido em campos específicos. Por exemplo, o item “Projeto urbano” apresenta os seguintes campos:

- Desenho urbano;
- Sistema viário;
- Acesso de pedestres;
- Infra-estrutura urbana;
- Equipamentos sociais;
- Mobiliário urbano;
- Tratamento de esgoto;
- Coleta e tratamento de lixo;
- Paisagismo; e
- Outro.

#### Filtro 4: Tipo de participação

Este filtro permite a seleção de experiências a partir do tipo participação, que está dividido em:

- Órgãos públicos;
- Técnica: Campos; e
- Usuário.

#### Filtro 5: Moradias construídas

Com este filtro (Figura 8) é possível selecionar experiências a partir da tipologia e do número de unidades projetadas ou construídas:

- Unifamiliar;
- Multifamiliar; e
- Total das unidades.

As três alternativas acima poderão ser selecionadas diretamente ou poderão ser detalhadas em relação ao número de moradias de cada tipologia e/ou ao número total de unidades projetadas ou construídas.

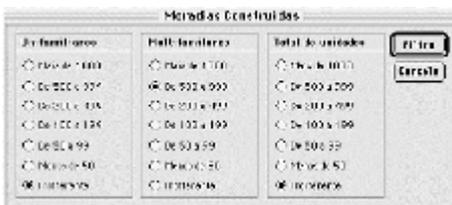


Figura 8 – Filtro “Moradias Construídas”

## Filtro 6: Área útil das moradias

Com este filtro (Figura 9) é possível selecionar experiências a partir da tipologia e da área útil construída:

- Unifamiliar;
- Multifamiliar; e
- Total das unidades.



Figura 9 – Filtro “Área útil”

## Filtro 7: Sistema construtivo

Com este filtro (Figura 10) é possível selecionar experiências a partir do tipo de sistema construtivo:

- Convencional;
- Pré-moldado *in loco*;
- Pré-moldado usinado;
- Industrializado;
- Pré-moldado *in loco*;
- Pré-moldado usinado; ou
- Industrializado.

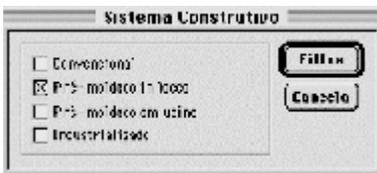


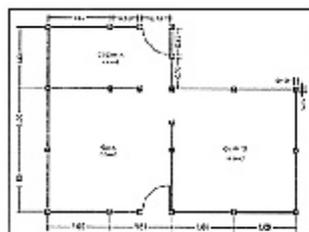
Figura 10 – Filtro “Sistema construtivo”

## Filtro 8: Uso do solo

Este filtro permite a seleção de experiências a partir da área total do terreno, e/ou da população e/ou da densidade.

- Área total do terreno;
- População; e
- Densidade.





**Estado:** Paraíba  
**Cidade:** Rio Tinto  
**Projeto:** Projeto Escala 1/4, Projeto Executivo  
**Arquiteto:** Fa. Arquitetos Ruy Oiticica  
**Período:** 2005/2006



**Estado:** Local: Paraíba  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



**Estado:** Local: Paraíba  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



Laboratório de Estudos Sobre Urbanização, Arquitetura e Preservação (LEUP)  
 Cadastro de Habitação Popular,  
 "Arquivo de Habitação Popular Heterodoxa" - FINHP  
 Dr. Maria Maria Soliani Tarullo

Arquivo de fotos da experiência  
 ALA NUTRIÇÃO

Proj. de urbanização de São Paulo



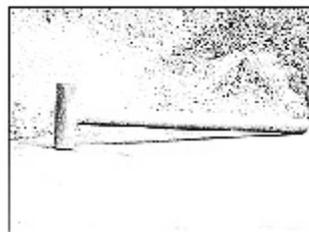
**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



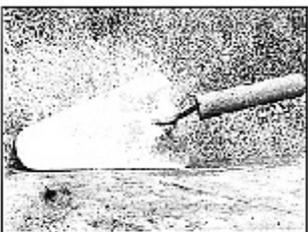
**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



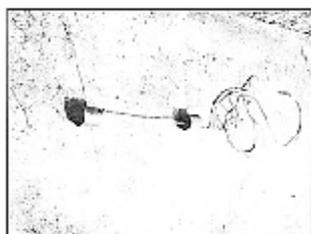
**Estado:** Ceará  
**Cidade:** Condições locais de projeto para construção de uma casa de tijolos de pneus



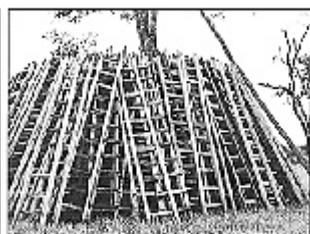
Laboratório de Estudos Sobre Urbanização, Arquitetura e Preservação (LEUP)  
 Cadastro de Habitação Popular,  
 "Arquivo de Habitação Popular Heterodoxa" - FINHP  
 Dr. Maria Maria Soliani Tarullo

Arquivo de fotos da experiência  
 ALA NUTRIÇÃO

Proj. de urbanização de São Paulo



Etapa: Montagem  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Fotografado por: autor



Etapa: Montagem  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Quilômetro de elevação e fixação dos elementos caros.



Etapa: Montagem  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
A construção começa com a preparação do terreno.



Etapa: Construção  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Finalização da construção da casa.



Etapa: Construção  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Montagem das paredes e fixação dos elementos.



Etapa: Montagem  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Montagem da casa.



Laboratório de Estudos Sobre Urbanização, Arquitetura e Preservação (LAP)  
Cadastro de Habitação Popular:  
"Arquivo de Habitação Popular Habitação" - HHPH  
Dir.: Maria Maria Sabina Tereza

Arquivo de fotos da experiência  
VILA MUTIRÃO

Data de criação do Voto: 2/10/1970



Etapa: Construção  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Construção da casa em andamento.



Etapa: Construção  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Construção da casa em andamento.



Etapa: Construção  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Construção da casa em andamento.



Etapa: Construção  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Construção da casa em andamento.



Etapa: Construção  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Construção da casa em andamento.



Etapa: Construção  
Cadastro: Babilônia - Curitiba/PR  
Construção da casa em andamento.



Laboratório de Estudos Sobre Urbanização, Arquitetura e Preservação (LAP)  
Cadastro de Habitação Popular:  
"Arquivo de Habitação Popular Habitação" - HHPH  
Dir.: Maria Maria Sabina Tereza

Arquivo de fotos da experiência  
VILA MUTIRÃO

Data de criação do Voto: 2/10/1970



Esopo. Uma grande  
Comunidade Nova Esperança dos Maricás  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Uma grande  
Comunidade Nova Esperança dos Maricás  
fazendo um trabalho.



Esopo. Uma grande  
Comunidade Nova Esperança dos Maricás  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Uma grande  
Comunidade Nova Esperança dos Maricás  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Uma grande  
Comunidade Nova Esperança dos Maricás  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Uma grande  
Comunidade Nova Esperança dos Maricás  
fazendo um trabalho.



Laboratório de Estudos Sobre Urbanização, Arquitetura e Preservação (LAE)  
Cadastro de Habitação Popular,  
"Área de Habitação Popular Heterodoxa" - FINEP  
Dra. Maria Maria Sotom Tanaka.

Acervo de fotos de experiência  
"VILA MUTIRÃO"

Data de criação da Foto: 21/08/1993



Esopo. Moradia popular  
Comunidade Nova Esperança  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Moradia popular  
Comunidade Nova Esperança  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Moradia popular  
Comunidade Nova Esperança  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Moradia popular  
Comunidade Nova Esperança  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Moradia popular  
Comunidade Nova Esperança  
fazendo um trabalho de limpeza.



Esopo. Moradia popular  
Comunidade Nova Esperança  
fazendo um trabalho de limpeza.



Laboratório de Estudos Sobre Urbanização, Arquitetura e Preservação (LAE)  
Cadastro de Habitação Popular,  
"Área de Habitação Popular Heterodoxa" - FINEP  
Dra. Maria Maria Sotom Tanaka.

Acervo de fotos de experiência  
"VILA MUTIRÃO"

Data de criação da Foto: 21/08/1993

**Vahan Agopyan** é engenheiro civil (1974) e mestre (1978) pela Universidade de São Paulo - USP. Doutor em Engenharia Civil pela University of London, Inglaterra (1982).

Professor titular e livre-docência na USP. Diretor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Atuou de 1994 a 1988 na ABNT como membro do Conselho Diretivo e como presidente do COBRACON. Em 2001, foi membro do Comitê Assessor de Engenharia Civil no CNPq. Coordenador de Engenharia da FAPESP. Membro do Conselho Direto do IMT - Instituto Mauá de Tecnologia, e Pesquisador do IPT de 1985 a 2002. Atua nas áreas de Matérias e Componentes de Construção, Materiais Não-Metálicos, Qualidade da Construção Civil e Construção Sustentável. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

E-mail: agopyan@pcc.usp.br

**Ubiraci Espinelli Lemes de Souza** é engenheiro civil (1983), mestre (1989) e doutor (1996) pela Universidade de São Paulo - USP. Professor livre-docente (2001) da USP no período de 1984 a 2001. Atualmente é professor associado em regime parcial. Atua na área de Processos Construtivos.

E-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br

**José Carlos Paliari** é engenheiro civil (1994) pela Universidade Federal de São Carlos e mestre (1999) pela Universidade de São Paulo - USP. Foi professor auxiliar de 1997 a 1999 e atualmente é professor assistente da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.

Atua nas áreas de Processos Construtivos, Materiais e Componentes de Construção, Gestão e Produtividade no Uso de Recursos Físicos nos Canteiros de Obras.

E-mail: jpaliari@power.ufscar.br

**Artemária Coêlho de Andrade** é engenheira civil (1996) pela Universidade Federal do Piauí - UFPI e mestre (1999) e em doutoramento desde 2000 pela Universidade de São Paulo - USP. Estagiária da Sociedade Técnica de Engenharia - Steng, em 1995 e 1996 nas áreas de Cálculo Estrutural e Fiscalização e Consultoria. Atuou como assistente de professor em 1998 na USP na área de Tecnologia e Gestão da Produção.

E-mail: aandrade@pcc.usp.br

# 10.

## Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra

Vahan Agopyan, Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, José Carlos Paliari e Artemária Coêlho de Andrade

### Resumo

**E**ste projeto teve como objetivo contribuir para a redução de custos das edificações e para a garantia da qualidade de processos e produtos do setor da Construção Civil. Desenvolveu-se uma metodologia para a medição das perdas de materiais, a qual foi aplicada em cerca de 100 canteiros de obra. O trabalho foi realizado por uma rede nacional de pesquisa envolvendo 16 universidades em 12 estados brasileiros. O trabalho contou também com a participação de várias entidades setoriais de diversas regiões do país, tais como SEBRAE, SENAI, SINDUSCON e SECOVI. O estudo confirmou que existe grande variabilidade nas perdas de materiais nos canteiros de obra e identificou as suas principais causas.

A título de exemplo, são apresentados, detalhadamente, os indicadores de perdas e consumo de materiais dos serviços estrutura de concreto armado (abordando os materiais concreto usinado e aço) e execução de alvenaria (tratando-se dos blocos e argamassas de assentamento) e, também, de forma resumida, os indicadores obtidos para os revestimentos de argamassa, gesso e cerâmica.

## Histórico da pesquisa

A preocupação quanto ao uso excessivo de materiais e componentes em obras de construção de edifícios, há muito tempo, faz parte de debates quanto a este segmento industrial. O real conhecimento da situação vigente e uma proposta de caminhos para melhorar o desempenho do setor quanto ao eventual desperdício existente tornam-se indispensáveis no contexto atual de acirramento da competição entre as empresas e de crescentes exigências por parte dos consumidores de obras de edifícios.

O projeto Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra caminha no sentido de levantar informações consistentes sobre o assunto e subsidiar políticas de melhoria contínua do setor. Tendo como base inicial experiências vivenciadas por alguns dos pesquisadores que fazem parte do atual grupo de trabalho, elaborou-se uma metodologia para coleta e avaliação de informações sobre o consumo de materiais e componentes em obra, a qual passou – e continua sofrendo tal processo – por contínuos aperfeiçoamentos ao longo de sua aplicação.

A pesquisa foi iniciada por um grupo de sete universidades (Universidade de São Paulo – USP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Universidade Federal do Ceará – UFC, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS), que receberam apoio financeiro da FINEP – Programa Habitare, através de um projeto de pesquisa proposto pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção – ITQC, e coordenado pelo PCC-USP. Esse grupo de instituições estudou cerca de 40 canteiros de obra. Logo, a pesquisa ganhou a adesão de mais três universidades (Universidade de Fortaleza – UNIFOR, Universidade Federal da Bahia – UFBA e Universidade Federal do Espírito Santo – UFES), que trouxeram mais de uma dezena de canteiros para estudo.

226

Um novo grupo de universidades do Nordeste do Brasil, representando os Estados da Paraíba, Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Sergipe e Bahia, apoiado pelo Projeto Setorial da Construção Nordeste, coordenado pelo SENAI da Bahia (através de um contrato firmado com o ITQC, sob a coordenação técnica do PCC), foi treinado para a aplicação da metodologia em aproximadamente 30 canteiros de obra, perfazendo o total de quase uma centena de canteiros de obra distribuídos pelo país.

## Resumo da metodologia

### Explicitando o conceito de perdas de materiais

Antes da discussão dos índices de perdas e consumos de materiais, é necessário que se estabeleça a que fases da “vida” do empreendimento tais resultados se referem. Nesse sentido, convém inicialmente notar que o consumo excessivo de materiais pode ocorrer em diferentes fases do empreendimento (Tabela 1): concepção, execução ou utilização.

FASES	CONCEPÇÃO	EXECUÇÃO	UTILIZAÇÃO
Caracterização da perda	Diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente necessária de acordo com o projeto idealizado	Diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade de material prevista para manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período
Parcela de perdas	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Tabela 1 – Diferentes fases de um empreendimento e a ocorrência de perdas de materiais

Pode-se citar, quanto à concepção, o caso de um projetista estrutural não explorar adequadamente os limites que o conhecimento atual permite e gerar, assim, uma estrutura com consumo de concreto por metro quadrado de obra muito elevado. O mesmo pode ocorrer quando a definição do traço para a argamassa de contrapiso leva a um consumo desnecessariamente alto de cimento.

No caso da execução, são várias as fontes de perdas possíveis: no recebimento, o material pode ser entregue em uma quantidade menor que a solicitada; blocos estocados inadequadamente estão sujeitos a serem quebrados mais facilmente; o concreto, transportado por equipamentos e trajetos inadequados, pode cair pelo caminho; a não-observância ao traço correto da argamassa pode implicar sobreconsumos na dosagem dela (processamento intermediário); o processo tradicional de aplicação de gesso pode gerar uma grande quantidade de material endurecido não utilizado.

No caso da fase de utilização do empreendimento, por exemplo, a repintura precoce de uma fachada pode representar um consumo de tinta maior que o esperado.

Convém, portanto, ao se discutirem perdas de materiais, entender qual a abrangência em que essas perdas serão abordadas. Nesta pesquisa, foram focadas as perdas que ocorrem especificamente dentro do canteiro de obra, isto é, associadas à fase de execução do empreendimento.

Da mesma forma, o desempenho no uso de materiais nos canteiros de obra pode ser analisado segundo dois tipos de abordagem:

- calculando-se o seu consumo por unidade de serviço (por exemplo, 15 kg de cimento por metro quadrado de contrapiso); ou
- calculando-se o valor de suas perdas (por exemplo, ao se considerar que o consumo teoricamente necessário de cimento para o contrapiso é de 10 kg, o consumo indicado no exemplo anterior levaria a uma perda de 50%, isto é, teria havido um consumo adicional de 5 kg de cimento em relação aos 10 kg definidos como necessários).

Nota-se, portanto, que o cálculo do valor da perda carece de uma definição prévia de uma referência considerada como perda nula. Reside aqui a dificuldade de se uniformizarem os diferentes números citados na bibliografia, já que diferentes referências são adotadas para representar o consumo mínimo necessário.

Outra dificuldade encontrada é quanto à definição da unidade através da qual se medem as perdas. Assim, uma perda de 10% em volume de areia, contida por exemplo em argamassas que endureceram e viraram entulho, pode ser bastante significativa sob o ponto de vista da quantidade de material que terá de ser retirada da obra, e do espaço necessário para a deposição dele (gerando prejuízos ao meio ambiente). Tais perdas, no entanto, podem não ter a mesma significância se expressas em termos financeiros, pelo empreendedor, em comparação com todos os outros gastos inerentes ao negócio imobiliário. Há, portanto, que se deixar sempre clara a unidade na qual se está mensurando as perdas: física (volume ou peso) ou financeira.

Há que se perceber também a existência de perdas que saem da obra como entulho e aquelas que ficam incorporadas à obra (como, por exemplo, na forma de sobreespessuras de revestimentos).

Finalmente, deve-se ressaltar que a parcela a ser considerada desperdício físico de materiais depende, para sua definição, de uma avaliação custo-benefício quanto às perdas detectadas.

Nesta pesquisa, foram focadas as perdas físicas de vários materiais, tendo-se sempre como referência (ou consumo representativo de perda nula) as prescrições de projeto. Por exemplo, no caso do concreto usado nas estruturas, o consumo seria aquele apropriado na “cubagem” a partir da planta de formas. No caso do cimento usado no revestimento de parede interna, o consumo real de cimento é confrontado com aquele calculado a partir da espessura de revestimento planejada e do traço da argamassa preconizado pela construtora. Portanto, não se está fazendo análise das especificações, mas detectando-se os consumos que excedem os especificados. Cabe ainda ressaltar que, conforme anteriormente citado, ao se levantar as perdas físicas totais, os números mostrados representam uma soma das perdas que saem (entulho) com as que ficam incorporadas. Tais perdas não são totalmente evitáveis, carecendo-se de uma análise adicional para definir qual parcela da mesma poderia ser considerada desperdício.

## Fluxograma dos processos para a análise da ocorrência de perdas

Dentro do canteiro de obras, o material passa por diversas etapas até o seu destino final, ou seja, ele é recebido, estocado, processado e, por fim, aplicado, sendo que, entre cada uma dessas etapas, ele é transportado. Entendendo-se como processos todas as etapas relacionadas ao fluxo do objeto (no caso os materiais), a elaboração desse fluxograma consiste no levantamento de todas as etapas de um serviço em estudo, além da representação do relacionamento entre elas.

Na Figura 1 apresenta-se um fluxograma do processo de execução de um revestimento em argamassa produzida na própria obra (areia, cal e cimento), adotando-se o procedimento de “descansar” a argamassa de cal antes de compor a argamassa final com cimento.

Através desse fluxograma dos processos, identificam-se as várias possibilidades de ocorrência de perda de material. Nesse exemplo específico, pode-se ter perda no recebimento devido a sacos rasgados, perda na dosagem dos materiais na produção da argamassa, perda durante o transporte e, por fim, perda na aplicação, que poderá resultar em entulho (argamassa que cai no chão e não é reaproveitada) ou ser incorporada na edificação (na forma de sobreespessura de revestimento).

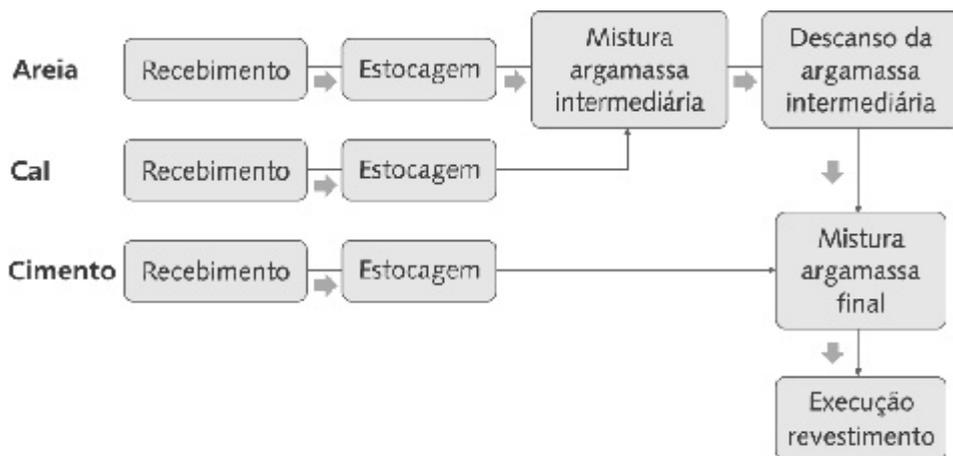


Figura 1 – Fluxograma do processo de execução de revestimento de argamassa

## Indicadores de perdas e consumos

À expressão numérica das perdas ou consumos de materiais dá-se o nome de indicador. Enquanto o indicador de perda tem um caráter relativo, pois mede o distanciamento do desempenho quanto ao uso dos materiais em relação a uma situação de referência, o indicador de consumo ou de produtividade pode ser entendido como a relação entre a quantidade de materiais efetivamente utilizados e a quantidade de serviço executado. O cálculo desses indicadores é feito através das seguintes expressões:

$$IP (\%) = \frac{CREAL - CREF}{CREF} \times 100 ; \quad (1)$$

$$IC = \frac{CREAL}{QS} , \quad (2)$$

onde:

IP (%) é a perda do material expressa em porcentagem, no serviço em estudo;

IC é o consumo do material por unidade de serviço executada;

CREAL representa a quantidade realmente utilizada de determinado material para execução desse serviço;

CREF representa a quantidade do material teoricamente necessária para execução do serviço; e

QS é a quantidade executada do serviço.

A relação entre esses indicadores é expressa por

$$IP = \frac{IC}{ICREF} - 1, \quad (3)$$

onde:

ICREF é o indicador de consumo de referência.

Os indicadores de perdas e consumos de materiais podem ser classificados segundo a sua abrangência, que está relacionada ao escopo do fluxograma elaborado e à natureza do material estudado. Esse aspecto fica evidenciado ao se compararem, por exemplo, o estudo das perdas do cimento e o do concreto usinado. Enquanto o fluxograma dos processos relativo ao segundo material contempla as etapas de recebimento, transporte e aplicação, o do primeiro contém, além destas etapas, a de estocagem e processamento intermediário para a conformação de uma argamassa ou concreto produzidos em obra. Além desse fato, a argamassa, a qual possui cimento em sua constituição, pode ser utilizada em vários serviços simultaneamente.

A partir de tais especificidades, a mensuração das perdas e consumos de materiais pode ser feita levando-se em consideração todas as etapas do fluxograma dos processos ou, ainda, levando-se em consideração apenas parte do mesmo. Isso significa dizer que se pode estabelecer indicadores abrangentes ou específicos, denominados, respectivamente, no presente trabalho, de globais e parciais.

Os indicadores globais podem expressar os valores de perdas de um determinado material na obra como um todo, apenas em um serviço ou, ainda, apenas nas etapas subsequentes à sua estocagem. Tal abrangência depende da complexidade do fluxograma dos processos, conforme exemplificado anteriormente e ilustrado na Figura 2.

Nesse sentido, define-se indicador parcial como a expressão dos valores de consumo ou perda de materiais associados apenas a uma etapa do fluxograma dos processos. A expressão dos valores das perdas e consumos associada a mais de uma etapa do fluxograma dos processos denomina-se indicador global. O indicador global pode ainda ser classificado em:

- (a) indicador global de perda de material por obra: consiste na expressão da perda total considerando o uso do material em todos os serviços executados durante o período de coleta, como, por exemplo, a perda de cimento em toda a obra;

(b) indicador global de perda ou consumo de material por serviço: consiste na expressão da perda ou do consumo de material num único serviço, abrangendo desde a etapa de recebimento até a de aplicação final, como, por exemplo, a perda de bloco no serviço de alvenaria ou o consumo de blocos por metro quadrado de alvenaria executada; e

(c) indicador global de perda ou consumo de material por serviço pós-estocagem: consiste na expressão do valor da perda ou de consumo de material considerando apenas as etapas do fluxograma subseqüentes ao estoque. Por exemplo, o caso das perdas de cimento no serviço de contrapiso, ou o consumo de cimento por metro quadrado de revestimento interno (emboço).

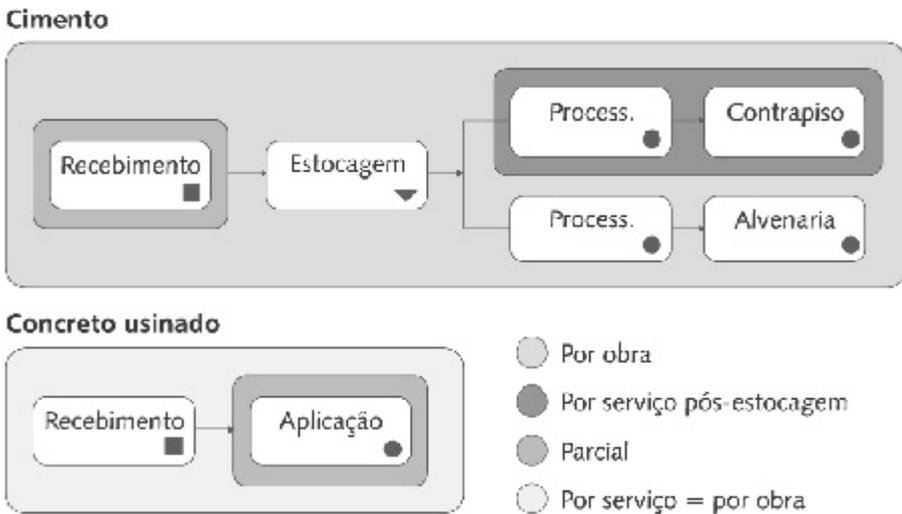


Figura 2 – Classificação dos indicadores de perdas e consumos de materiais e componentes segundo a sua abrangência

## Metodologia

Com base nos conceitos apresentados nos itens anteriores, elaborou-se para cada uso do material num determinado serviço um conjunto de planilhas e procedimentos objetivando a obtenção dos indicadores relacionados anteriormente. Essas planilhas foram estruturadas em sete séries, quais sejam:

- **Série 1** – contém informações relativas à obra e à empresa, como, por exemplo, porte da empresa, número de funcionários, faturamento, tipo de edificação, entre outros;

- **Série 2** – contém informações relativas ao estoque dos materiais nas datas de início e fim de coleta de dados no canteiro de obra. No verso das planilhas desta série são descritos os procedimentos para a obtenção desses dados;
- **Série 3** – utilizada para o cálculo da quantidade de serviço executado entre as datas de início e fim de coleta de dados no canteiro de obra. No verso das planilhas desta série são descritos os procedimentos para a obtenção desses dados;
- **Série 4** – nesta série contabiliza-se a quantidade de material recebida entre as datas de início e fim de coleta de dados no canteiro de obras, além de se registrar o mapeamento das quantidades de materiais que saem do estoque (obtenção do indicador global de perda/consumo de material por serviço pós-estocagem);
- **Série 5** – caracterização tecnológica e gerencial das etapas do fluxograma dos processos: recebimento e estocagem;
- **Série 6** – caracterização tecnológica e gerencial das etapas do fluxograma dos processos: processamento intermediário, transporte e aplicação; e
- **Série 7** – utilizada para a obtenção dos indicadores parciais e globais de perdas e consumos de materiais.

Todas as ações necessárias para a aplicação da metodologia são divididas em três etapas, nas quais se identificam duas datas-marco (VI e VF), que delimitam a coleta de dados nos canteiros de obra propriamente dita (Figura 3).

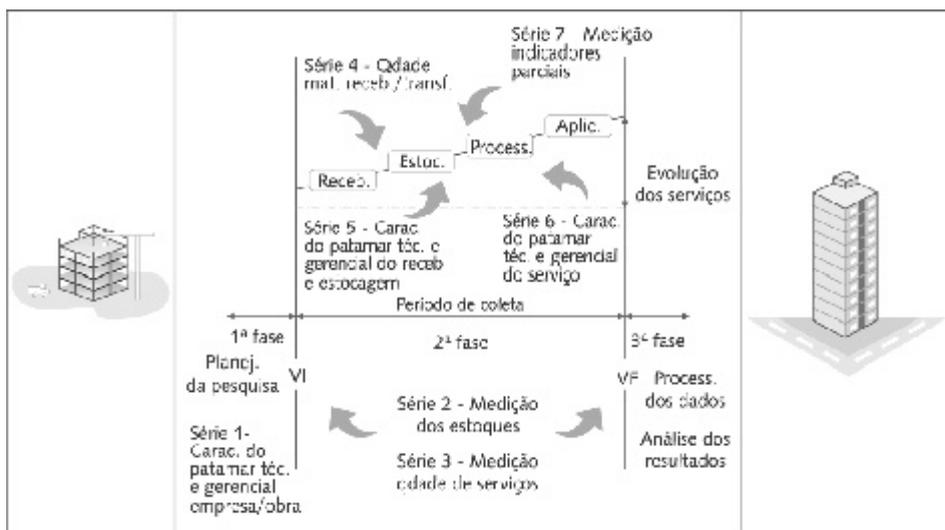


Figura 3 – Síntese da metodologia

A primeira etapa da aplicação da metodologia consiste no planejamento da coleta e envolve, entre outras atividades, contato preliminar com a obra em estudo, treinamento da equipe de coleta, envolvimento do pessoal da obra e da empresa, entendimento e quantificação dos serviços a serem estudados.

A segunda etapa consiste na coleta de dados no canteiro propriamente dita. Entre as datas VI e VF contabiliza-se a quantidade de material que entrou ou saiu da obra, realiza-se a coleta dos dados referentes à caracterização das etapas do fluxograma dos processos no qual o material ou componente está inserido e, finalmente, faz-se a coleta de dados para o cálculo dos indicadores parciais sobre perda ou consumo. Finalmente, a terceira etapa é dedicada ao processamento dos dados e à análise dos resultados.

Após o processamento dos dados, insere-se ainda uma subetapa que consiste numa análise crítica dos resultados obtidos. Se houver incoerências ou pontos completamente não elucidados, torna-se necessário levantar ainda algumas informações adicionais, principalmente no que diz respeito às explicações das perdas e consumos detectados, como subsídios para a análise final dos resultados. Nesta subetapa, a participação dos envolvidos na coleta de dados, assim como dos responsáveis pela obra por parte da empresa, é de suma importância.

Nas datas VI e VF contabiliza-se, ainda, a quantidade de material ou componente estocado e a quantidade de serviço executado até o momento, sendo a diferença entre tais quantidades somada à entrada líquida de materiais ou componentes na obra para se calcular o consumo total. Da mesma forma, computa-se em tais datas a quantidade de serviço executado entre elas. Através desse procedimento consegue-se o estabelecimento de indicadores globais de perdas e consumos de apenas uma parte do serviço que se esteja analisando, não necessitando, portanto, que se tenha de avaliá-lo na sua totalidade, ou seja, desde o seu início até o seu fim.

Utilizando-se a expressão de cálculo detalhada (Fórmula 4) e os valores apresentados na Tabela 2, chega-se ao indicador global de perdas de blocos no serviço de alvenaria, a título de exemplo.

$$IP (\%) = \left[ \frac{EST(VI) - rec(VI,VF) \pm TRANSF(VI,VF) - EST(VF)}{QS(VI,VF) \times \frac{CM}{QS} \times \frac{CMB}{MC}} - 1 \right] \times 100, \quad (4)$$

onde:

EST(VI) é o estoque de blocos na data VI;

EST(VF) é o estoque de blocos na data VF;

REC(VI, VF) é a quantidade recebida de material entre as datas VI e VF;

TRANSF(VI, VF) é a quantidade transferida de material entre as datas VI e VF;

QS(VI, VF) é a quantidade de serviço realizado entre VI e VF;

CM é o consumo de blocos por unidade de alvenaria; e

QS

CMS é o consumo de material básico por material composto

MC (existe apenas para o caso do cimento, cal, areia e brita).

Variável	Valor	Variável	Valor	Indicador global
EST (VI)	5.000 un	QS (VI, VF)	3.200 m'	$IP (\%) = \left[ \frac{50.000 - 1}{40.000} \right] \times 100 = 25\%$
REC (VI, VF)	55.000 un	CM/QS	12,5 un/m'	
TRANSE (VI, VF)	-3.000 un	CMR/MC	1 un/un	
EST (VF)	7.000 un			

Tabela 2 – Exemplo de cálculo de indicador global

## Resultados

### Concreto usado

A Tabela 3 reúne os valores representativos da amostra estudada referente ao concreto usado, destacando-se as medidas de tendência central (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n).

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
9	9	2	23	35

Tabela 3 – Estatísticas da amostra para o concreto usado

Na Figura 4 apresenta-se a distribuição dos valores de perdas para os casos amostrados. Pode-se perceber a região de concentração e a dispersão dos resultados.

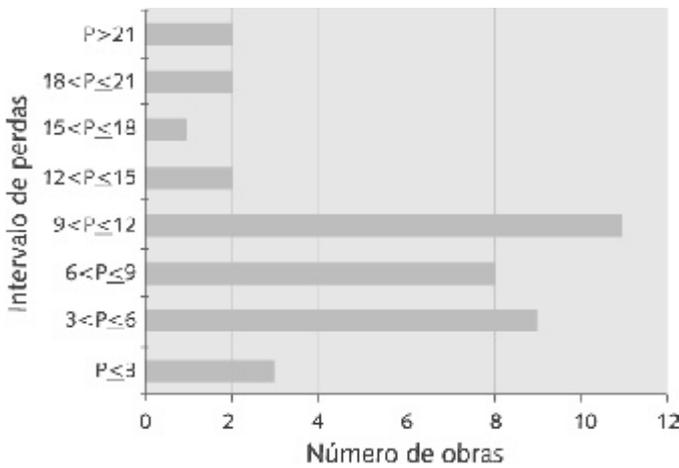


Figura 4 – Distribuição amostral dos resultados de perdas para concreto usinado

Pode-se tecer alguns comentários adicionais quanto às perdas deste material: (a) a comparação dos dados apresentados na Tabela 3 parece indicar que uma preocupação maior com o sistema de formas como um todo (molde e cimbramento de boa qualidade) pode reduzir as perdas. Essa tendência é válida não somente para os moldes de plástico ou metálicos, mas também para os de madeira bem concebidos e projetados. Deve-se frisar que tal colocação tem por base não somente uma amostragem muito pequena de moldes de plástico ou metálicos, mas também observações qualitativas feitas quanto às obras estudadas;

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
9	9	2	23	35

Tabela 4 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando o tipo de molde das formas

(b) as falhas quanto à obediência da geometria da estrutura prevista em projeto aparece como causa principal de perdas para a maioria dos casos, conforme se observa na Tabela 5, relativa às lajes, e na Tabela 6, relativa às vigas. Entretanto, há indícios de que a falta de controle no recebimento, de modo a garantir a compatibilidade entre a quantidade solicitada e a recebida, tenha sido um fator impor-

tante para explicar as perdas em algumas obras com índices elevados. Às obras em que se mediram menores erros quanto à sobreesspessura das lajes ( $e \leq 5\%$ ) associa-se uma mediana das perdas significativamente menor que a das obras em que tal erro foi superior ( $e > 5\%$ ). Fato análogo, embora não tão acentuado, detectou-se quanto à sobrelargura das vigas;

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
$e \leq 5\%$	8	6	2	22	15
$e > 5\%$	12	11	4	23	14

Tabela 5 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando a sobreesspessura das lajes

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
$e \leq 2,5\%$	9	7	2	23	19
$e > 2,5\%$	10	10	3	22	12

Tabela 6 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando a sobrelargura das vigas

(c) a importância da qualidade geométrica das lajes quanto ao nível de perdas levantado levou à avaliação do impacto dos equipamentos de nivelamento das lajes na incidência de perdas. A Tabela 7 confirma um valor de perdas menos acentuado para o conjunto de obras que fizeram uso de nível laser ou alemão para o nivelamento das lajes, embora se possa concluir também (em face das dispersões dos resultados) que a adoção do equipamento (sem a utilização correta deles) não leva por si só a melhores desempenhos. A Figura 5 ilustra a distribuição dos intervalos de perdas considerando as duas categorias analisadas;

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Nível laser/alemão	7	7	3	15	12
Outros	11	10	1	1.23	26

Tabela 7 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando o equipamento de nivelamento da laje

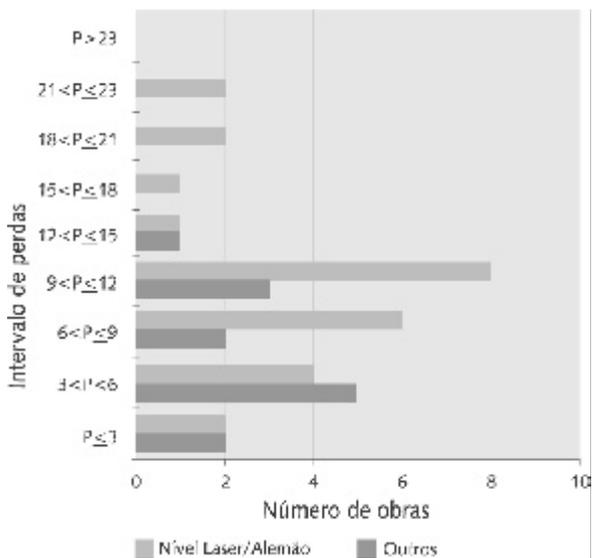


Figura 5 – Distribuição das perdas de concreto usado considerando o equipamento de nivelamento da laje

(d) a Figura 6 ilustra a distribuição dos intervalos de perdas considerando as duas categorias analisadas: bombeado e transportado com grua ou jericá. A observação da Tabela 8 indica que o transporte por bombeamento pode ter uma associação com valores maiores de perdas, em função de, muitas vezes, ter-se detectado a não-utilização das sobras representadas pelo concreto que fica nas tubulações e no recipiente de bombeamento;

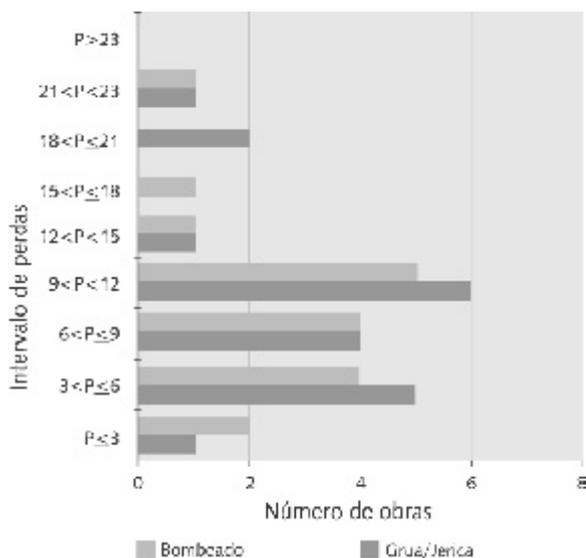


Figura 6 – Distribuição amostral dos resultados de perdas de concreto usado considerando equipamento e forma de transporte

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Bombeado	10	9	3	23	20
Grua/jerica	9	8	2	22	18

Tabela 8 – Comparação das perdas de concreto usinado considerando o equipamento e a forma de transporte

(e) os valores das perdas de concreto usinado encontrados (Tabela 3) são substancialmente superiores aos valores usuais, estipulados em composições orçamentárias. O TCPO 10 (1996), por exemplo, aponta uma estimativa de perda de apenas 2%, igual ao valor mínimo obtido nos casos amostrados nesta pesquisa.

## Vergalhão de aço

A Tabela 9 reúne os valores representativos da amostra estudada, destacando-se as medidas de tendência central (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n).

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
10	11	4	16	12

Tabela 9 – Perdas de vergalhão de aço

Na Figura 7 apresenta-se a distribuição dos valores de perdas para os casos amostrados. Pode-se perceber a região de concentração preferencial e a forma de dispersão dos resultados.

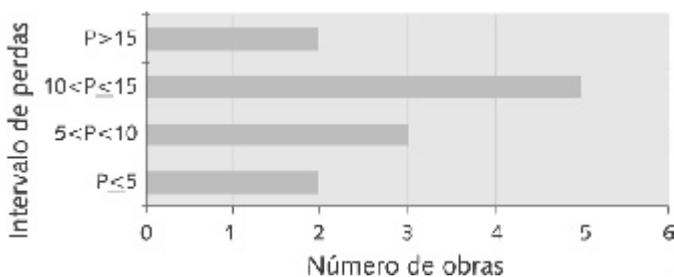


Figura 7 – Distribuição amostral dos resultados de perdas de aço

Pode-se tecer alguns comentários quanto às perdas deste material:

(a) o desbitolamento, tido há alguns anos como possível responsável por considerável parcela de perdas, não parece ser mais um problema quanto ao fornecimento de barras, conforme se nota na Tabela 10;

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
0.92	0.90	14.00	8.40	60

Tabela 10 – Desbitolamento do aço

(b) o mau planejamento do corte dos vergalhões, com reduzido aproveitamento das pontas, pode ser uma importante causa das perdas. Os dados da Tabela 11 mostram uma ocorrência de perdas menor para diâmetros menores, para os quais se detecta uma presença de peças de armadura com comprimentos menores convivendo no projeto com peças de comprimentos maiores, o que naturalmente facilita um melhor aproveitamento das barras recebidas nas obras;

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
bitolas $\leq$ 10 mm	8	6	15	51	42
bitolas $>$ 10mm	17	11	31	134	38

Tabela 11 – Comparação entre estatísticas: bitolas

(c) os valores das estatísticas apresentados na Tabela 9 são inferiores quando comparados aos valores usuais estipulados em composições orçamentárias. O TCPO 10 (1996), por exemplo, aponta uma estimativa de perda de 15%, aproximadamente igual ao valor máximo obtido nos casos amostrados nesta pesquisa.

## Blocos e tijolos

A Tabela 12 reúne os valores representativos da amostra estudada, destacando-se as medidas de posição (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n). A Figura 8 apresenta a distribuição dos valores de perdas para os casos amostrados.

Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
17	13	3	48	37

Tabela 12 – Perdas de blocos e tijolos

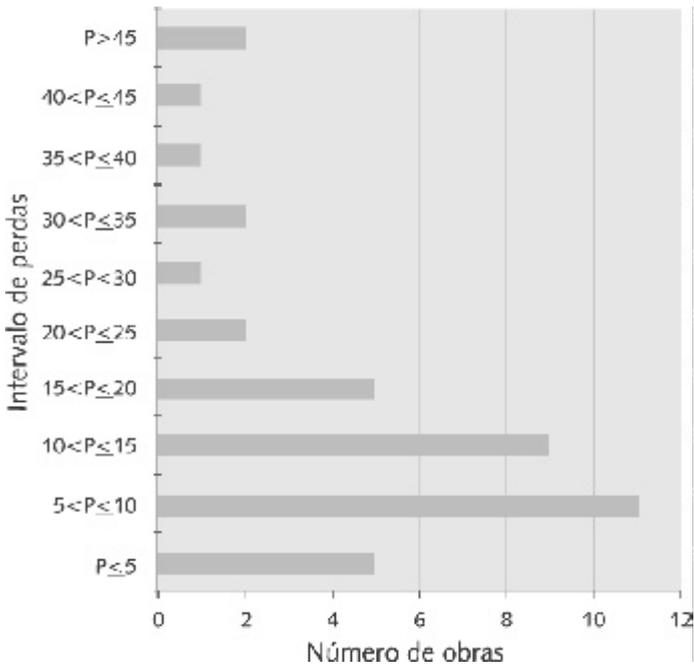


Figura 8 – Distribuição amostral dos resultados de perdas: blocos e tijolos

Pode-se tecer alguns comentários adicionais quanto às perdas deste material:

- (a) os dados da Tabela 13 indicam que a mediana das perdas para os blocos de concreto é ligeiramente menor que a mediana para os blocos cerâmicos e para os tijolos cerâmicos. A Figura 9 apresenta a dispersão amostral desses dados. Tal diferença deve ser assumida com reservas, tanto em função da dispersão dos resultados quanto em função de, no conjunto das obras que usaram blocos de concreto, terem-se duas delas em alvenaria estrutural, quando a totalidade dos blocos cerâmicos dizem respeito somente à alvenaria de vedação;

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Bloco cerâmico	18	14	5	48	21
Bloco de concreto	10	11	3	20	9
Tijolo cerâmico	21	15	10	48	7

Tabela 13 – Comparação entre estatísticas: material do bloco

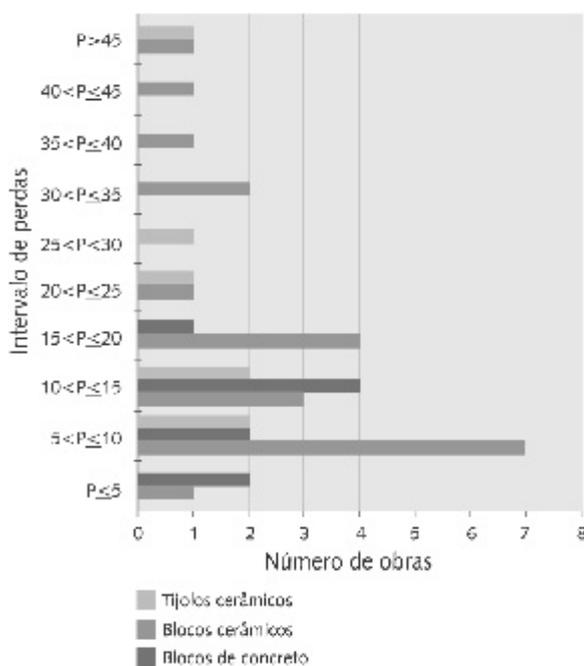


Figura 9 – Distribuição amostral dos resultados de perdas de blocos e tijolos

(b) o grupo de obras em que o transporte dos blocos ou tijolos era feito com *pallets* ou carrinhos específicos também apresentou a mediana de perdas inferior ao grupo de obras que usava carrinhos-de-mão ou similares, conforme ilustra a Tabela 14. A diferença entre os dois conjuntos não é tão acentuada, provavelmente em função de, em algumas obras que recebiam os blocos/tijolos em *pallets*, ter-se pelo menos em parte da movimentação dos componentes o uso de equipamentos inadequados. A Figura 10 apresenta a distribuição dos intervalos de perdas em função do tipo de equipamento de transporte.

Categorias	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Pallets/carrinho específico	16	12	3	48	18
Outros	18	13	5	48	19

Tabela 14 – Comparação das perdas de blocos e tijolos considerando o tipo de equipamento de transporte

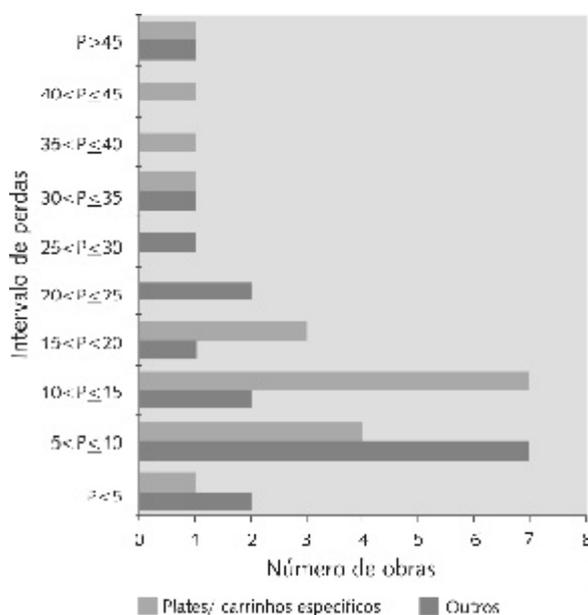


Figura 10 – Distribuição amostral dos resultados de perdas considerando o tipo de equipamento de transporte

(c) os valores das estatísticas apresentados na Tabela 12 são superiores quando comparados aos valores usuais estipulados em composições orçamentárias. O TCPO 10 (1996), por exemplo, aponta uma estimativa de perda entre 3% e 10%, dependendo do tipo de bloco considerado. Apesar de superior, a mediana se aproxima muito do valor máximo estipulado no TCPO 10 (1996).

## Argamassa de assentamento<sup>1</sup>

Para o estudo das perdas e consumos de cimento neste serviço em particular, dividiu-se o serviço em duas modalidades: alvenaria cuja argamassa é assentada na forma de filetes e alvenaria em que a forma de assentamento consiste em preencher com argamassa toda a extensão da largura dos blocos. Tal fato, evidentemente, leva a índices de perdas e consumos diferenciados, pois os referenciais adotados são distintos. Assim, a análise dos índices do estudo deste material restringe-se apenas à questão do consumo, e não sobre os índices de perdas, pois as discrepâncias são muito elevadas.

A Tabela 14 reúne os valores representativos da amostra estudada, destacando-se as medidas de tendência central (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n). A Figura 11 apresenta a distribuição dos valores de perdas para os casos amostrados.

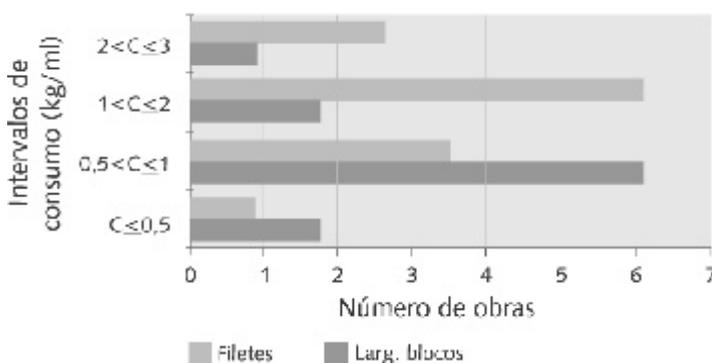


Figura 11 – Distribuição amostral dos resultados de consumos de cimento no serviço de alvenaria

<sup>1</sup> As perdas de argamassa (nos serviços de contrapiso, alvenaria, revestimento interno e externo, entre outros) são obtidas indiretamente através do mapeamento da quantidade de cimento destinada a cada serviço. Portanto, utiliza-se o indicador global de perda por serviço pós-estocagem do cimento como sendo o representativo das perdas de argamassa nesses serviços.

ALVENARIA FILETES				
	OBRA	m <sup>3</sup> /m Teórico	kg/m <sup>3</sup> Teórico	kg/ml Real
	BR 015	0,0002	296,03	1,33
	BR 042	0,0002	267,74	0,19
	BR 083	0,0002	172,27	0,25
ÍNDICES	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Consumo teórico (kg/m <sup>3</sup> )	245,35	267,74	172,27	296,03
Consumo real (kg/ml)	0,59	0,25	0,19	1,33
n =	3			
ALVENARIA LARGURA DOS BLOCOS				
	OBRA	m <sup>3</sup> /m Teórico	kg/m <sup>3</sup> Teórico	kg/ml Real
	BR 021	0,0009	212,48	0,47
	BR 023	0,0150	148,81	4,94
	BR 029	0,0009	190,55	0,41
	BR 030	0,0010	141,34	0,50
	BR 040	0,0010	169,63	0,54
	BR 053	0,0012	163,74	0,62
	BR 054	0,0016	123,00	0,221
	BR 062	0,0020	182,00	0,39
	BR 063	0,0014	241,50	0,56
	BR 081	0,0015	116,00	0,20
ÍNDICES	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Consumo teórico (kg/m <sup>3</sup> )	168,91	166,69	116,00	241,50
Consumo real (kg/ml)	0,88	0,49	0,20	4,94
n =	10			

Tabela 15 – Perdas de cimento no serviço de alvenaria considerando o tipo de assentamento (em filete ou na largura dos blocos)

Com relação às perdas e/ou aos consumos de cimento neste serviço, pode-se tecer os seguintes comentários:

- (a) analisando-se os valores apresentados na Tabela 15, percebe-se uma grande variação nos traços adotados (116,0 a 296,03 kg/m<sup>3</sup>), o que resulta em grandes variações quanto ao consumo teórico de cimento por metro cúbico de argamassa;
- (b) em se tratando das espessuras de juntas teóricas adotadas, nota-se também uma grande variação (de 1 a 2,5 cm) (Tabela 16);
- (c) os consumos (0,19 a 1,33 kg/ml) variaram substancialmente, principalmente quando se compararam os resultados entre as duas modalidades de alvenaria ou, até mesmo, os resultados de uma mesma modalidade;
- (d) na Tabela 16 pode-se verificar o peso bem menor (em comparação com os

Obra	Perda (%)	Var. Esp. (%)	Esp. Ref. (cm)	Esp. Real (cm)	Represent. (%)
BR 021	136	29	1,5	1,91	22
BR 023	61	70	1,5	2,50	100
BR 029	139	103	1,0	2,03	74
BR 030	247	130	1,0	2,30	53
BR 040	208	53	1,0	1,53	25
BR 053	213	64	1,0	1,64	30
BR 054	12	7	2,0	2,13	54
BR 062	7	3	2,0	2,06	47
BR 063	64	11	1,5	1,66	17
BR 078(*)	205	26	1	1,26	12
BR 081	15	7	1,5	1,61	49
<b>Média global</b>	<b>119</b>				<b>42</b>

(\*) Argamassa parcial ou totalmente produzida fora do canteiro de obra

Tabela 16 – Peso da variação da espessura das juntas horizontais no índice global de perdas

outros usos da argamassa) que a sobreesspessura das juntas horizontais tem em relação ao indicador global. Tal constatação veio corroborar uma verificação feita em obra, de que a argamassa excedente pode ter sido consumida de diversas outras maneiras (que não elevando a espessura da junta), como, por exemplo, por inserção nos furos dos blocos. Portanto, o padrão geométrico dos blocos pode ter grande influência no consumo de argamassa de assentamento.

## Revestimentos em argamassa

Entre os serviços estudados pela pesquisa, encontram-se os revestimentos de piso e parede, em argamassa, cujos valores medianos de perda e consumo são apresentados na Tabela 17. Ressalta-se que tais estatísticas foram obtidas através do controle do cimento para execução da argamassa.

Serviço	Valores de perdas (%)			Valores de consumo real (kg/m <sup>2</sup> )		
	Mediana	Mínimo	Máximo	Mediana	Mínimo	Máximo
Rev. de parede: emboço ou massa única interna 11 obras	102	8	234	6,81	2,23	14,38
Rev. de parede: emboço ou massa única externa 8 obras	53	-11	164	6,26	3,39	13,87
Revestimento de piso: contrapiso 7 obras	42	8	288	14,30	2,36	24,52

Tabela 17 – Estatísticas da amostra para perdas de cimento no serviço de revestimento

Com relação às perdas e aos consumos de cimento neste serviço, pode-se tecer os seguintes comentários:

- (a) as perdas e os consumos variaram significativamente. Conforme salientado nas considerações iniciais, a maior perda não necessariamente está associada ao maior consumo;

(b) em se tratando das espessuras teóricas adotadas, nota-se uma grande variação, bem como nas espessuras reais verificadas. Ressalta-se que a sobreespessura representava aproximadamente 80% dos valores de perda encontrados

## Outros revestimentos

A Tabela 18 reúne os valores representativos da amostra estudada, destacando-se as medidas de tendência central (mediana e média), as medidas de dispersão (valores mínimo e máximo) e o tamanho da amostra (n) para os revestimentos em gesso e revestimentos cerâmicos.

Serviço	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n
Gesso	45	30	-14	120	3
Revestimento cerâmico de piso	77	19	5	78	17
Revestimento cerâmico de parede	16	13	-1	50	28
Revestimento cerâmico de fachada	12	13	5	19	3

Tabela 18 – Estatísticas da amostra para perdas de gesso e revestimento cerâmico

Apesar de se ter uma amostra pequena para revestimento em gesso, é possível afirmar que o consumo de gesso e a mediana das perdas são bastante influenciados pelo tipo de base em que o revestimento de gesso é aplicado. Por exemplo, o valor negativo de perda encontrado se deu numa obra onde a aplicação ocorreu sobre argamassa e se obtiverem espessuras bem pequenas, até mesmo inferiores ao teoricamente estabelecido (5 mm);

No caso das placas cerâmicas verificou-se que os indicadores de perdas encontram-se relacionados não somente ao local de aplicação (piso, parede ou fachada), mas também ao tamanho das peças e à porcentagem de peças cortadas.

A Tabela 19 apresenta as médias e medianas do indicador global de perdas, discriminadas por dimensões, por porcentagens de peças cortadas e por serviço. Observa-se que, independentemente do grupo de percentual de placas cortadas, há tendência de as placas maiores apresentarem maiores índices de perdas. E, independentemente do grupo de tamanho de placas, há uma tendência de maiores perdas para os casos com maiores porcentagens de peças cortadas.

(%) cortadas	Tamanho da Placa	Piso		Parede		Fachada	
		Média	Mediana	Média	Mediana	Média	Mediana
C ≤ 20	≤ 20 x 20	5	5	13	8	12	13
	> 20x20	8	8	13	13	-	-
20 < C ≤ 40	≤ 20 x 20	17	18	14	14	-	-
	> 20x20	39	26	24	21	-	-
40 < C ≤ 60	≤ 20 x 20	18	18	13	13	-	-
	> 20x20	27	27	29	29	-	-

Tabela 19 – Comparativo entre índices de perdas: tamanho das placas e percentual de placas cortadas

## Considerações finais

Além da metodologia geral, foram apresentados resultados relativos a alguns dos serviços estudados na pesquisa. Considerações relativas a vários outros serviços podem ser encontradas no endereço [www.pcc.usp.br/pesquisa/perdas](http://www.pcc.usp.br/pesquisa/perdas).

Os pesquisadores responsáveis por este trabalho esperam que, mais que terem sido explicitados os reais números vigentes com relação às perdas de materiais, tenham sido fornecidas as bases objetivas para que se induza um contínuo aperfeiçoamento no uso dos materiais de construção civil nos canteiros de obra.

**Carlos Torres Formoso** é engenheiro civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (1980). Doutor pela University of Salford, Inglaterra (1991) e tem pós-doutorado na University of California (2000), USA. Professor Adjunto da UFRGS desde 1989, atuando nas áreas de gerenciamento da Construção Civil e engenharia de produção. Atualmente é vice-presidente da ANTAC e consultor ad-hoc da FINEP, FAPEMIG, FAPESP, FAPERGS. Membro do IGLC – International Group for Lean Construction. Editor da revista Ambiente Construído. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. E-mail: formoso@vortex.ufrgs.br

**Elvira M. V. Lantelme** é engenheira civil (1990) pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Mestre (1994) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS e doutoranda pela UFRGS. E-mail: lantelme@cpgec.ufrgs.br

**Patrícia Tzortzopoulos** é arquiteta (1995) e mestre (1999) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Em doutoramento na Inglaterra na University do Salford desde 2000. Foi pesquisadora do Núcleo Orientado pela Inovação da Edificação da UFRGS em diversos projetos de pesquisa entre 1998 e 2000. Atua na área de Gestão do Processos de Projeto. E-mail: p.tzortzopoulos@pgr.salford.uk

**José de Paula Barros Neto** é engenheiro civil (1990) pela Universidade Federal do Ceará - UFC e mestre pela Universidade Federal Fluminense - UFF. Doutor (1999) em Administração na UFRGS. Professor Titular da UFC desde 1992. E-mail: jpbarros@ufc.br

**Jaime Evaldo Fensterseifer** é engenheiro mecânico pela Brown University, Providence/USA (1972), mestre em Engenharia Industrial na University of Florida e doutor pela University of California/USA. Professor titular da UFRGS desde 1974. Consultor ad-hoc do CNPq, CAPES, FINEP e FAPERGS. E-mail: jfenster@adm.ufrgs.br

**Tarcisio Abreu Saurin** é engenheiro civil pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (1994), mestre (1997) e doutor (2002) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. É atualmente professor-colaborador e pesquisador do programa de Pós-graduação em Engenharia de produção da UFRGS. Professor Adjunto na Universidade de Caxias do Sul de 1999 a 2003. E-mail: saurin@vortex.ufrgs.br

**Maurício Moreira e Silva Bernardes** é engenheiro civil (1993) pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, mestre (1996) e doutor (2001) pela UFRGS. Professor substituto no período de 1997 a 1998 e atualmente é professor adjunto do Departamento de Expressão Gráfica da Faculdade de Arquitetura da UFRGS. E-mail: bernarde@vortex.ufrgs.br

# 11.

## Gestão da qualidade na Construção Civil: estratégias e melhorias de processo em empresas de pequeno porte

Carlos Torres Formoso, Elvira M. V. Lantelme, Patrícia Tzortzopoulos, José de Paula Barros Neto, Jaime Evaldo Fensterseifer, Tarcisio Abreu Saurin e Maurício Moreira e Silva Bernardes

O objetivo geral do projeto Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processos em Empresas de Pequeno Porte foi desenvolver um conjunto de métodos e técnicas para a Gestão da Qualidade adequados às peculiaridades das empresas de Construção Civil, particularmente aquelas de pequeno porte, visando à elevação dos níveis de qualidade e produtividade do setor Construção.

O projeto teve um caráter bastante amplo, envolvendo diversos alunos de mestrado e doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, e foi dividido em cinco subprojetos, os quais foram escolhidos com base nos principais problemas relacionados à Gestão da Qualidade enfrentados por empresas de construção.

(a) **Subprojeto 1 – Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil:** este subprojeto teve como principal objetivo identificar barreiras à implementação da medição de desempenho e propor alguns mecanismos para auxiliar as empresas na sua superação. Assim, ao longo deste trabalho, foram realizados alguns aperfeiçoamentos no Sistema de Indicadores existente, tanto na sua parte conceitual quanto em sua estrutura, conteúdo e forma de implementação. Algumas dessas mudanças foram desenvolvidas através das contribuições de outros subprojetos desenvolvidos no âmbito deste projeto. As mudanças introduzidas visam a dar às empresas uma melhor visão de como integrar os indicadores ao gerenciamento de seus processos. Dessa forma, espera-se que mais empresas possam utilizar os indicadores e, assim, atingir melhores níveis de desempenho.

(b) **Subprojeto 2 – Gestão da Qualidade na Etapa de Projeto:** o objetivo geral deste subprojeto foi desenvolver um modelo de gestão do processo de projeto de edificações, visando à melhoria do desempenho quanto à eficiência do processo e à qualidade do produto, levando em consideração o referencial teórico da Nova Filosofia de Produção. Neste modelo são definidas atividades típicas envolvidas no processo de projeto e suas inter-relações, além de um conjunto de diretrizes, procedimentos e ferramentas que orientam e facilitam a sua execução, e ainda diretrizes para sua implementação no setor.

(c) **Subprojeto 3 – Formulação e Implementação de Estratégias de Produção:** este subprojeto teve como objetivo desenvolver um modelo de formulação de estratégia de produção para empresas de construção de edificações de pequeno porte. A formulação de estratégias de produção busca estabelecer um vínculo da função produção com o ambiente no qual a organização se insere. A partir da percepção deste ambiente e das discussões em torno dos vários assuntos ligados a esta função, pode-se tomar decisões sistêmicas, coerentes e consistentes entre si.

(d) **Subprojeto 4 – Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos:** o objetivo geral deste subprojeto foi desenvolver um método para o planejamento de canteiros de obra, incluindo diretrizes para a execução de cada uma das suas etapas do processo de planejamento. O planejamento de um canteiro de obra pode ser definido como o planejamento do *layout* e da logística das suas

instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O planejamento do *layout* envolve a definição do arranjo físico de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem.

(e) **Subprojeto 5 – Proposta de Intervenção no Sistema de Planejamento da Produção de Empresas de Construção Civil:** o objetivo geral deste subprojeto consistiu no desenvolvimento de um modelo para o processo de planejamento e controle da produção para empresas de construção de pequeno porte, assim como a proposição de diretrizes para a sua implementação. Este modelo pode ser usado como ponto de partida para o desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle em organizações específicas.

O projeto como um todo contou com 12 empresas de construção de pequeno porte (ver Capítulo 13), localizadas na Região Metropolitana de Porto Alegre e em Santa Maria, como parceiras diretas. Foram envolvidos também diversos escritórios de projeto, subempreiteiros e outras organizações participantes dos empreendimentos realizados por este grupo de empresas.

A pesquisa foi desenvolvida a partir da criação de uma estrutura matricial, conforme indicado na Figura 1, cujas colunas e linhas representam, respectivamente, as 12 empresas parceiras e os cinco subprojetos. Cada empresa parceira foi envolvida em um ou mais subprojetos, dependendo do seu interesse e da sua disponibilidade.

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	...	Empresa 12
Indicadores					
Projeto					
Estratégia					
Produção					
Planejamento					

Figura 1 – Estrutura matricial para realização dos subprojetos

Os subprojetos foram desenvolvidos de forma integrada, com relações do tipo cliente–fornecedor interno. Tais relações estão exemplificadas na Figura 2, abaixo. Os principais resultados de cada um dos cinco subprojetos estão apresentados nos Subcapítulos 11.1 a 11.5 desta obra.

Fornecedores	Clientes				
	Indicadores	Projeto	Estratégia	Produção	Planejamento
Indicadores		Método de cálculo de indicadores		Método de cálculo de indicadores	
Projeto	Método de cálculo de indicadores Dados para sistema de indicadores				
Estratégia	Critérios para seleção de indicadores de competitividade	Diretrizes para a seleção tecnológica		Critérios de desempenho da produção	
Produção	Método de cálculo de indicadores Dados para sistema de indicadores	Método para planejamento do canteiro	Benchmarks de processos Adaptação dos princípios da nova filosofia de produção à construção		Adaptação dos princípios da nova filosofia de produção à construção
Planejamento	Método de cálculo de indicadores Dados para sistema de indicadores	Ferramentas de planejamento Técnicas de modelagem do fluxo de informações			

Figura 2 – Relações do tipo cliente–fornecedor entre os subprojetos

# 11.1

## Conceitos, princípios e práticas da medição de desempenho no setor da Construção Civil

Elvira Maria Vieira Lantelme e Carlos Torres Formoso

### Resumo

A questão da medição de desempenho das organizações vem despertando o interesse de pesquisadores e empresas. Tal fato pode ser observado pelo crescente número de publicações, consultorias e páginas na Internet divulgadas nos últimos dez anos sobre o assunto. Esse interesse surge, principalmente, a partir da necessidade de reformulação das medidas de desempenho tradicionalmente utilizadas pelas empresas e de sua adequação a novos fatores competitivos e princípios da organização da produção.

A importância da implementação de sistemas de medição de desempenho é também reconhecida pelo setor da construção no Brasil, principalmente entre empresas que vêm investindo em programas formais de melhoria de desempenho e certificação de sistemas da qualidade pela série de normas ISO 9000. Esse interesse está relacionado tanto às exigências de órgãos certificadores quanto à necessidade de um maior controle sobre os processos.

O objetivo deste estudo foi investigar e disseminar conceitos, princípios e práticas da medição de desempenho no setor da Construção Civil, dando continuidade a um trabalho anterior, iniciado em 1993, através do qual foi criado o Sistema de

Indicadores de Qualidade Produtividade para Construção Civil (SISIND). Desde a sua criação, esse sistema tem evoluído tanto em sua parte conceitual quanto em seu conteúdo e estrutura. Neste artigo estão apresentados os principais conceitos e princípios utilizados na sua elaboração, bem como alguns resultados da sua avaliação.

Este estudo correspondeu a um dos subprojetos do Projeto Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processo em Empresas de Pequeno Porte.

## Novos papéis dos sistemas de medição de desempenho

A utilização de medições de desempenho para o gerenciamento de processos não é recente. Conforme aponta Neely (1999), provavelmente, as técnicas de medição de desempenho vêm sendo utilizadas desde que as primeiras organizações foram estabelecidas. No entanto, nos últimos dez anos, o assunto tem despertado novamente o interesse de pesquisadores, consultores e empresários. Em 1991, Eccles (1991) previu que as empresas, em um prazo de cinco anos, deveriam revisar seus sistemas de medição de desempenho, sugerindo que as novas estratégias e demandas competitivas impunham a necessidade de uma mudança nos tradicionais sistemas de medição de desempenho, baseados em medidas financeiras. Entre as razões para tal mudança, pode-se destacar as seguintes (NEELY, 1999):

**(a) aumento da competição e mudanças nas estratégias competitivas:** o aumento da competição em nível global tem requerido novas estratégias que atendam às necessidades de diferenciação, inovação e resposta rápida às demandas do mercado. Em função desses novos fatores competitivos, existe a necessidade de desenvolver novas medidas de desempenho;

**(b) mudanças na organização da produção:** Bonelli et al. (1994) afirmam que até meados da década de 1970 as discussões sobre medidas de desempenho concentravam-se ou nos indicadores de base financeira, que buscavam medir o desempenho em termos de custo e de lucratividade, ou nos de produtividade física, cuja preocupação principal era a eficiência técnica. Segundo os mesmos autores, a razão desse comportamento era a predominância dos paradigmas taylorista e fordista de padronização, produção em massa e eficiência que dominaram as

práticas gerenciais. Um novo paradigma gerencial surgiu recentemente a partir de mudanças desenvolvidas pelas empresas japonesas durante os anos 1950, cuja mais importante aplicação foi o Sistema Toyota de Produção. O novo paradigma propõe idéias novas, tais como flexibilidade com eficiência, redução de estoques, cooperação com fornecedores, foco nos requisitos do cliente, autonomia e poder de decisão para a mão-de-obra. Womack et al. (1990) denominam esse novo paradigma de *lean production* (produção enxuta), e outros nomes também foram propostos, como *world class manufacturing* ou nova filosofia de produção (KOSKELA, 1992). Essa nova forma de organização da produção também demanda mudanças nos sistemas de medição de desempenho. A partir dos anos 1960, baseadas nos conceitos e técnicas da contabilidade gerencial americana, as empresas japonesas passaram a criar seus próprios sistemas de gerenciamento de custos visando a adaptá-los ao novo ambiente de produção. Tais adaptações incluem modificações nos critérios de medição de custos, mas igualmente na inclusão de medidas de desempenho não financeiras, focadas nos *cost drivers*, ou seja, na identificação e controle das atividades que geram custos e não agregam valor (SAKURAI, 1990). As mudanças no sistema de gerenciamento de custos das empresas japonesas levaram estudiosos e empresas ao questionamento da adequação dos sistemas tradicionais de medição de desempenho, que utilizam as medidas de custo, produtividade e taxas de utilização, às novas necessidades de informação (KAPLAN,1990; BERLINER; BRINSON, 1988);

**(c) iniciativas de melhoria empreendidas pelas empresas:** como consequência do aumento da competição, cada vez mais as empresas vêm se envolvendo com programas de melhoria e novos modelos de gestão (alguns com nomes conhecidos como Gestão da Qualidade Total, JIT, reengenharia, *benchmarking*, entre outros). Esses modelos apresentam uma proposta comum de utilização de indicadores para avaliação, planejamento, controle e melhoria de desempenho;

**(d) prêmios e certificados nacionais e internacionais:** vários prêmios e certificações de sistemas da qualidade foram estabelecidos nacional e internacionalmente, como a certificação baseada na série de normas ISO 9000, o prêmio Deming da Qualidade, entre outros. Todos eles induzem as empresas a introduzir ou atualizar seus sistemas de medição de desempenho; e

**(e) evolução da tecnologia de informação:** a tecnologia da informação vem tornando a coleta de dados, o processamento e a representação da informação cada vez mais rápidos, com maior capacidade de resposta e flexibilidade, estimulando as empresas ao uso de medições.

Nesse contexto, os indicadores ou medidas de desempenho passam a ser referidos como sistemas de medição de desempenho vinculados ao gerenciamento estratégico dos negócios (KAPLAN, 1992). Antes uma área exclusiva da contabilidade das empresas, ou utilizados com um fim específico de controle da produtividade, os sistemas de medição tornaram-se, por exemplo, parte integrante da implementação da estratégia e da avaliação de desempenho de recursos humanos. Assim, a medição de desempenho assume novos papéis não só no monitoramento e controle de processos mas também como facilitador da comunicação e da aprendizagem organizacional.

De uma maneira geral, tais mudanças estão relacionadas à necessidade de uma maior transparência no gerenciamento de processos. O princípio da transparência refere-se tanto à maneira como as informações são organizadas e compartilhadas quanto à maior participação e autonomia dos trabalhadores e à descentralização da tomada de decisão (GRIEF, 1991; OLIVEIRA, 1999).

Tradicionalmente, dentro dos modelos de gestão, as medições podem ser utilizadas para: (a) demonstrar o desempenho atual dos processos, identificando problemas e auxiliando a priorização de ações de melhoria; (b) controlar os processos a partir de padrões de desempenho previamente estabelecidos – nesse caso, a identificação de desvios em relação ao padrão pode desencadear ações corretivas para solução de problemas; e (c) verificar o impacto das ações de melhoria sobre o desempenho do processo.

Além disso, as medidas podem ser utilizadas com outros objetivos em função de seu papel indutor. Kaplan e Norton (1992), entre outros autores, constataram que, uma vez estabelecida uma medida, pode-se induzir o comportamento das pessoas a uma determinada direção. Dessa forma, as empresas utilizam-se desse potencial para tentar introduzir mudanças a partir da definição de seus objetivos em termos de metas mensuráveis. As empresas também podem utilizar as medidas para a comunicação e compartilhamento de uma visão e alinhamento das ações nos diferentes níveis e processos gerenciais.

DiBella e Nevis (1998) também sugerem que as medições podem ser utiliza-

das como facilitadores do processo de aprendizagem nas organizações, auxiliando as pessoas a analisar seu desempenho (*feedback*) e a fazer melhorias. No entanto, a utilização das medidas para melhoria e aprendizagem ainda é pouco explorada pelas empresas de uma maneira geral. A esse respeito, Senge (1999) argumenta que predomina nos sistemas gerenciais adotados pelas empresas e, conseqüentemente, nos sistemas de medição de desempenho uma forte tendência ao controle centralizador.

Os novos papéis atribuídos aos indicadores implicam mudanças na forma de pensar e usar a medição de desempenho nos processos de decisão organizacionais. O item seguinte discute algumas implicações dessa mudança para o projeto de sistemas de medição de desempenho.

## O projeto de sistemas de medição de desempenho

Sink e Tuttle (1993) consideram a medição como o “processo pelo qual se decide o que medir, se faz a coleta, o processamento e a avaliação de dados”. Tais autores apresentam um modelo (Figura 1) que enfoca a medição como parte integrante do sistema gerencial, enfatizando seu papel como mecanismo de retroalimentação de informações para a tomada de decisão.



Figura 1 - Modelo de Sistema de Medição (adaptado de Sink e Tuttle, 1993).

O projeto de um sistema de medição de desempenho envolve a seleção de um conjunto de medidas e sua integração às rotinas e estrutura organizacional, e compreende ainda: (a) os procedimentos para coleta e processamento de dados; (b) os formatos e periodicidade para a distribuição da informação; (c) uma abordagem para avaliação que valorize a aprendizagem e a melhoria; (d) um processo de revisão e

atualização do sistema (WAGGONER et al., 1999).

Os critérios para seleção e implementação dos indicadores recomendados por diferentes autores (BERLINER; BRIMSON, 1988; ARMITAGE; ATKINSON, 1990; TIRONI et al., 1992; NEELY et al., 1996) podem ser descritos, resumidamente, como sendo:

- (a) seletividade: os indicadores devem estar relacionados a fatores essenciais ou críticos do processo a ser avaliado. Tais fatores devem ser identificados a partir de uma perspectiva estratégica, que considera os fatores críticos de sucesso da empresa dentro do seu mercado de atuação;
- (b) representatividade: os indicadores devem ser escolhidos ou formulados de forma que possam representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se referem. Deve-se considerar que qualquer medida representa uma abstração da realidade. Dessa forma, cada indicador possui um certo grau de subjetividade que deverá ser considerado em sua análise;
- (c) simplicidade: os indicadores devem ser de fácil compreensão e aplicação, principalmente para aquelas pessoas diretamente envolvidas com a coleta, o processamento e a avaliação dos dados, requerendo o mínimo de esforço adicional para sua implantação;
- (d) baixo custo: os indicadores devem ser gerados a custo baixo. O custo para coleta, processamento e avaliação não deve ser superior ao benefício trazido pela medida. O investimento em pessoas, tempo e informatização deve ser proporcional aos benefícios a serem alcançados;
- (e) transparência: os dados para cálculo do indicador devem ser de fácil acesso e estar disponibilizados, preferencialmente, por meio de mecanismos visuais;
- (f) estabilidade: os indicadores devem ser coletados com base em procedimentos rotinizados e incorporados às atividades da empresa e que permitam sua comparação ou a análise de tendências ao longo do tempo;
- (g) abordagem experimental: é recomendável desenvolver, inicialmente, os indicadores considerados como necessários e testá-los. Caso não se mostrem realmente importantes ao longo do tempo, devem ser alterados ou excluídos;
- (h) comparação externa: alguns indicadores devem ser desenvolvidos para permitir a comparação do desempenho da empresa com o de outras empresas do setor ou empresas de outros setores, de forma que possam ser utilizados como *benchmarks* e na avaliação da competitividade da empresa dentro do seu setor de atuação; e

(i) melhoria contínua: devem ser periodicamente avaliados e, quando necessário, devem ser modificados ou ajustados para atender às mudanças no ambiente organizacional e não perderem seu propósito e validade.

A seleção das medidas que compõem os sistemas de medição de desempenho é uma das questões mais discutidas na literatura. Os estudos sugerem que as medidas devem focar aspectos críticos dos processos e da organização (critério de seletividade). Essa recomendação, segundo Kaplan (1992), procura abordar uma lacuna dos sistemas gerenciais: sua deficiência no estabelecimento do vínculo entre as estratégias de longo prazo e as ações de curto prazo. Por outro lado, deve-se procurar, através de uma seleção criteriosa, reduzir o número de medidas utilizadas pela empresa.

Muitos dos sistemas de medição desenvolvidos dentro dos programas de Gestão da Qualidade Total resultaram em um número elevado de medidas que acabaram por sobrecarregar o trabalho das pessoas e por gerar custos. A idéia de vincular as medidas aos fatores críticos de sucesso da empresa busca identificar, entre todas as medidas possíveis, aquelas que são realmente importantes para o sucesso da empresa, reduzindo o esforço despendido na coleta e processamento de dados, facilitando a comunicação e induzindo o comportamento das pessoas em direção aos objetivos estratégicos empresariais.

Alguns estudos enfatizam que esses aspectos críticos devem ser identificados a partir da definição estratégica da empresa. Entre as abordagens para seleção de indicadores, o trabalho mais citado é o *Balanced Scorecard*, proposto por Kaplan e Norton (1992 e 1997). Segundo esses autores, os sistemas de medição devem ser balanceados por um conjunto de medidas financeiras e não financeiras, vinculadas entre si e com os objetivos estratégicos da empresa. Na visão dos autores, os sistemas de medição e gerenciamento devem ser estabelecidos considerando quatro perspectivas (Figura 2).

A perspectiva do cliente avalia a capacidade da empresa em prover produtos de serviços que atendam às necessidades do cliente. Muitas empresas estabelecem como missão a satisfação de seus clientes, devendo identificar, através dessa perspectiva, como transformar tal objetivo em uma meta mensurável. A perspectiva dos processos internos identifica e mede como estes contribuem para que a empresa atinja o sucesso financeiro e a satisfação do cliente. Por sua vez, a perspectiva do aprendizado e crescimento foca a motivação e capacitação de recursos humanos, a qualidade dos sistemas de informação, as tecnologias e a capacidade da empresa de

mudança e renovação, considerando as mudanças ambientais. Por fim, a perspectiva financeira indica a eficácia das estratégias adotadas nas outras perspectivas.



Figura 2 – Quatro perspectivas do *Balanced Scorecard* (KAPLAN; NORTON, 1997)

O *Balanced Scorecard* também aborda o desdobramento das estratégias em vários níveis organizacionais, de forma que os objetivos estratégicos sejam traduzidos em ações no nível operacional. Dessa forma, pode-se comunicar tais objetivos por toda a empresa.

A seleção dos indicadores corresponde à primeira etapa no processo de implementação de um sistema de medição de desempenho. As fases que se seguem são o planejamento da coleta de dados, seu processamento e distribuição dos mecanismos que serão utilizados na avaliação. Esse planejamento pode resultar na necessidade de desenvolvimento de procedimentos e instrumentos para coleta de dados, tais como sistemas computacionais e treinamentos. Nessa etapa os critérios de simplicidade, baixo custo e transparência devem ser observados.

Quanto à implantação de medições propriamente dita, Hronec (1993) e Sink e Tuttle (1993) atentam para a existência de comportamentos de resistência à utilização de medições, principalmente se entendidas como mecanismos de controle e punição. Pressupõe-se que a introdução de atividades de medição de desempenho na empresa represente uma mudança significativa na rotina das pessoas, e o fato de as medidas exporem os problemas e sujeitarem as ações do indivíduo ao julgamento representa uma ameaça para muitos.

Assim, para aumentar o comprometimento, sugere-se o envolvimento das pessoas no desenvolvimento ou seleção das medidas e a ampla divulgação dos resultados. Nesse sentido, deve-se investir em treinamento para a implantação, explicitar os objetivos da medição e enfatizar a sua utilização para a melhoria de desempenho.

## Projeto SISIND – Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil

Em 1993, o NORIE/UFRGS iniciou um projeto de pesquisa com o objetivo de disseminar conceitos, princípios e práticas de medição de desempenho através do desenvolvimento de um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil, denominado SISIND. As principais atividades desenvolvidas em tal projeto foram:

- seleção de um conjunto inicial de 28 indicadores ligados às principais funções estratégicas das empresas (projeto, suprimentos, produção, assistência técnica, planejamento e vendas e financeira). Esses indicadores estão focados no segmento de prédios residenciais e comerciais que representam uma parcela significativa do mercado da construção no Rio Grande do Sul. A seleção dos indicadores partiu da elaboração de um inventário de medidas de desempenho possíveis de serem aplicadas pelas empresas do setor. Esse inventário, que continha mais de 180 medidas, divididas conforme as áreas mencionadas, foi elaborado a partir da revisão bibliográfica e da contribuição de pesquisadores. Para a seleção dos indicadores, considerou-se sua relação com problemas comuns a diversas empresas do setor. Tais problemas foram identificados por Fruet e Formoso (1993) em uma pesquisa com gerentes técnicos das empresas do Rio Grande do Sul. Além desse critério, foram também considerados a simplicidade e o custo de coleta;
- produção de uma publicação (manual de utilização) contendo os principais conceitos e os critérios de coleta para cada um dos indicadores propostos (OLIVEIRA et al., 1995);
- disseminação do Sistema em todo o país, através de seminários e cursos de treinamento; e
- elaboração de relatórios setoriais periódicos contendo valores de referência para os indicadores do Sistema, obtidos por meio da análise dos dados coletados, em sua maioria, por empresas do setor e enviados ao NORIE/UFRGS;

Desde seu início, o SISIND despertou grande interesse na indústria: mais de 80 empresas aderiram formalmente ao Sistema em todo o Brasil; foram elaborados cinco relatórios contendo dados de mais de 200 empreendimentos e ministrados dez cursos de treinamento no país, com a participação de cerca de 180 profissionais do setor (NORIE, 2000). Esses números refletem o interesse que o assunto desperta no

setor. Entretanto, a experiência com o SISIND demonstra que apenas um pequeno número dessas empresas deu continuidade à implantação dos indicadores de desempenho, incorporando-os ao processo de decisão. De todas as empresas que aderiram ao projeto, 20% delas fizeram alguma coleta de dados e os enviaram ao NORIE/UFRGS para processamento (LANTELME, 1994).

Entre as dificuldades apontadas pelas empresas para a implantação de indicadores, estão principalmente a falta de pessoas para realizar a tarefa, a pouca disponibilidade de tempo e as deficiências na acessibilidade dos dados (LANTELME, 1994).

Tais constatações levaram o grupo de pesquisa ao seguinte questionamento: se os gerentes das empresas do setor da construção reconhecem a importância e os benefícios da medição de desempenho, por que não conseguem incorporá-los aos seus processos gerenciais?

A partir dessa pergunta, elaborou-se um estudo visando a identificar as principais dificuldades encontradas pelas empresas do setor da Construção na implementação de sistemas de medição de desempenho. Para a realização desse estudo, identificou-se que, além da revisão bibliográfica na área de medição de desempenho, a revisão da literatura sobre aprendizagem organizacional poderia contribuir para a compreensão dessas dificuldades. Com o mesmo objetivo, foram realizadas entrevistas com gerentes e diretores de empresas do setor da construção e de outros setores industriais que vêm utilizando a medição de desempenho no gerenciamento de seus processos e negócios. A partir das dificuldades e boas práticas identificadas, foi possível propor diretrizes para a implementação de sistemas de medição de desempenho nas empresas do setor.

Paralelamente, foram realizados pelo NORIE/UFRGS pesquisas visando à identificação de novos indicadores e à sua implementação em processos específicos, como o processo de Planejamento e Controle da Produção (OLIVEIRA, 1999) e o processo de Desenvolvimento do Produto (TZORZOPOULOS, 1999). Os resultados desses trabalhos permitiram a realização de reformulações no SISIND, tanto na sua parte conceitual quanto em sua estrutura, conteúdo e diretrizes para implementação.

No item seguinte, discute-se o papel da medição no processo de aprendizagem nas organizações. Essa discussão é importante na medida em que estabelece alguns princípios que devem ser considerados na implementação das medições de desempenho.

## Medição e aprendizagem nas organizações

A capacidade de aprendizagem das organizações vem sendo apontada como uma vantagem competitiva sustentável (NONAKA, 1997; SENGE, 1997; de GEUS, 1997). A aprendizagem nas organizações é tratada na literatura tanto como uma estratégia, presumindo-se assim determinadas condições que definem as “organizações que aprendem”<sup>1</sup>, quanto como processos de aprendizagem que resultam em uma maior capacidade da empresa em realizar mudanças (TSANG, 1997; DIBELLA; NEVIS, 1998).

Segundo DiBella e Nevis (1998), no contexto da aprendizagem organizacional, os sistemas de medição passam a ser mais do que sistemas de monitoramento e controle, fazendo parte do processo de aprendizagem. Da mesma forma, Pedler (1991) afirma que na “organização que aprende” a informação é utilizada para capacitar as pessoas ao diálogo e ao questionamento de forma que leve à aprendizagem.

Easterby-Smith e Araújo (1999) identificam na literatura sobre a aprendizagem nas organizações duas perspectivas que distinguem as diferentes abordagens dos autores na área. A primeira perspectiva, denominada *técnica*, assume que a aprendizagem nas organizações ocorre a partir do processamento, da interpretação e da resposta eficaz à informação obtida dentro e fora da organização. Nessa perspectiva, a informação pode ser quantitativa ou qualitativa, mas está explícita, através de números, documentos, etc. Enfatiza-se a aprendizagem através do processamento de informação. Na perspectiva *social* entende-se a aprendizagem organizacional como uma construção coletiva de significados e sentidos. Enfatiza-se, nesse caso, o conhecimento tácito, o diálogo, o significado atribuído à informação pelas pessoas e sua capacidade de aprender com e através das outras pessoas no âmbito de seu trabalho.

Em ambas as perspectivas foca-se o papel da informação no processo de aprendizagem. Na primeira através da necessidade de se obter informação para análise e planejamento de intervenções, bem como para obter *feedback* sobre a estratégia de ação escolhida, visando à correção de desvios ou ao questionamento de princípios

<sup>1</sup> Pedler et al. (1991) definem a Organização que Aprende como aquela que facilita a aprendizagem de seus membros e continuamente se transforma.

utilizados no planejamento da ação. O trabalho de Argyris e Schön (apud ANDERSON, 1997)<sup>2</sup> é apontado para exemplificar essa visão.

Argyris e Schön defendem a idéia de que a mudança do comportamento dos indivíduos e das organizações ocorre sob duas condições. Primeiro, quando os resultados de suas ações atendem às expectativas e metas planejadas. Segundo, quando, ao examinar as conseqüências de suas ações, são detectadas discrepâncias em relação aos resultados esperados. Nesse caso, Argyris e Schön propõem dois níveis diferentes de aprendizagem: em circuito simples e um circuito duplo. No primeiro, as conseqüências são analisadas apenas no nível da estratégia de ação, ou seja, realizam-se ações corretivas para atingir os resultados esperados. Na aprendizagem em circuito duplo há a preocupação em revisar as variáveis governantes (valores aceitos pelo indivíduo que governam suas ações, ou seja, suas Teorias em Uso<sup>3</sup>) ou os princípios e valores da organização que determinaram a estratégia de ação.

A perspectiva social, segundo Easterby-Smith e Araújo (1999), foca a necessidade de se usar a informação para se promoverem o diálogo e a construção social de significados. Considera-se, nesse caso, que a informação ou os dados não têm um sentido próprio, mas um significado que é determinado pelas pessoas.

Para exemplificar, Senge (1990) e Kim (1998) afirmam que a aprendizagem organizacional se dá através de indivíduos e grupos que aprendem e que o elo entre aprendizagem individual e organizacional está no compartilhamento de modelos mentais<sup>4</sup> individuais. Segundo Kim (1998), os modelos mentais individuais guardam a maior parte do conhecimento de uma organização.

Para Nonaka e Takeuchi (1997), a criação do conhecimento organizacional depende do aproveitamento do conhecimento tácito individual. O conhecimento tácito contém uma importante dimensão cognitiva: consiste em esquemas, modelos mentais, crenças e percepções que moldam a forma como o indivíduo percebe a realidade a seu redor. Segundo esses mesmos autores, o conhecimento tácito é altamente pessoal e difícil de formalizar, o que dificulta sua transmissão e compartilhamento. Também enfatizam que a criação do conhecimento nas organizações depende da transformação de conhecimentos tácitos em conhecimentos explí-

<sup>2</sup> ARGYRIS, C.; SCHÖN, D. **Theory in practice**: increasing professional effectiveness. Reading: Addison Valley, 1974.

<sup>3</sup> Na sua abordagem para aprendizagem, Argyris e Schön (apud ANDERSON, 1997) propõem que as Teorias em Uso são desenvolvidas por variáveis governantes.

<sup>4</sup> Os modelos mentais determinam a forma como os indivíduos enxergam o mundo e, conseqüentemente, como reagem diante das situações, dos problemas, ou seja, seus padrões de comportamento (SENGE, 1990).

bitos através da maior interação entre membros da organização, compartilhamento de experiências, diálogo e discussão.

Analisando-se os sistemas de medição de desempenho sob essas duas perspectivas, pode-se colocar que sua utilização como facilitador da aprendizagem organizacional implica, em primeiro lugar, garantir o acesso à informação por todos aqueles envolvidos em processos de decisão. Segundo, deve haver um processo de decisão descentralizado, participativo e autônomo que garanta o diálogo e a reflexão entre os envolvidos. Embora tais conclusões possam, em princípio, parecer óbvias, o estudo realizado mostra que podem ser barreiras à implementação de sistemas de medição nas empresas do setor, principalmente porque se refletem em deficiências no projeto dos sistemas e na forma de pensar e agir dos gerentes do setor da Construção.

## Dificuldades de implementação

A partir da revisão bibliográfica nas áreas de medição de desempenho e aprendizagem organizacional, foram realizadas entrevistas com gerentes e diretores de empresas do setor da Construção e de outros setores industriais que vêm utilizando medições no gerenciamento de processos. A análise dessas entrevistas, combinada com observações feitas pelos pesquisadores durante a implementação do SISIND, possibilitou a identificação de dificuldades e a proposição de algumas diretrizes para implementação de sistemas de medição de desempenho (LANTELME, 1999).

Foram realizadas entrevistas em nove empresas: seis do setor da Construção de Edificação e três de outros setores, no período de julho a agosto de 1999. As empresas do setor da Construção entrevistadas desenvolveram seus sistemas de medição recentemente, como parte da implantação de Programas de Qualidade Total. Cinco delas desenvolveram seus sistemas tendo por base o SISIND, e quatro obtiveram, recentemente, certificação de sistemas da qualidade pela norma ISO 9001 ou ISO 9002. As empresas dos outros setores (Siderurgia, Automotivo e Energia) são organizações que vêm utilizando sistemas de medição já há algum tempo, como pode ser visto no Quadro 1.

Pode-se colocar que as dificuldades de implementação dos sistemas de medição de desempenho estão relacionadas, por um lado, ao projeto desses sistemas, ou seja, seu conteúdo, estrutura e forma de implementação. Mas, por outro lado, encontram barreiras no comportamento dos gerentes e na cultura organizacional.

Empresa	Atividades principais	Características principais
A	Incorporação e construção de edificações residenciais	Pequena empresa. Mão-de-obra subcontratada. Certificação ISO 9002. Sistema de medição de desempenho iniciou-se em 1995 com o Programa de Qualidade Total.
D	Produção de aço	Grande empresa. Sistema de medição iniciou-se em 1989 como parte da implantação do Programa de Qualidade Total. Atualmente está vinculado ao planejamento estratégico.
C	Incorporação e construção de edificações residenciais	Pequena empresa. Medição de desempenho iniciou-se em 1996 através do envolvimento da empresa em um projeto de pesquisa para prevenção de perdas. Os indicadores atuais estão relacionados à medição da produtividade da mão-de-obra.
D	Incorporação e construção de edificações residenciais e comerciais e serviços para clientes privados	Pequena empresa. Mão-de-obra subcontratada. Certificação ISO 9001. Sistema de medição de desempenho iniciou-se em 1994 como parte do Programa de Qualidade Total e participação da empresa no projeto SISIND. Os indicadores utilizados relacionam-se à avaliação de projetos e à análise econômico-financeira.
E	Incorporação e construção de edificações residenciais e comerciais e serviços para clientes privados	Pequena empresa. Medição de desempenho iniciou-se em 1996 como parte do Programa de Qualidade Total. Foco atual dos indicadores é em Recursos Humanos (acidentes, rotatividade, etc.) e produtividade da mão-de-obra.
F	Obras de pontes, saneamento para clientes públicos, edificações industriais para clientes privados	Grande empresa. Medição de desempenho iniciou-se em 1997 através de um projeto entre empresas com apoio de um grupo de pesquisa da universidade local.
G	Incorporação e construção de edificações residenciais, construções industriais e componentes pré-moldados de concreto	Empresa de médio porte. Mão-de-obra subcontratada. Certificação ISO 9002. Medição de desempenho iniciou-se em 1995 através do envolvimento da empresa no SISIND. O sistema foi utilizado por dois anos e atualmente está sendo revisado.
H	Produção e transmissão de energia elétrica	Empresa de médio porte. Sistema de medição foi inicialmente introduzido devido a exigências governamentais. Posteriormente, o sistema foi vinculado ao planejamento estratégico.
I	Produção de componentes para montagem de automóveis	Grande empresa multinacional. Sistema de medição de desempenho, iniciado há seis anos, está dividido em três níveis: estratégico, tático e operacional. É vinculado ao planejamento estratégico.

Quadro 1- Principais características das empresas entrevistadas

## Dificuldades estruturais – o projeto dos sistemas de medição

Com relação ao projeto dos sistemas, a principal e mais freqüente discussão presente na literatura sobre as dificuldades de implementação de sistemas de medição é a relevância das medidas utilizadas na avaliação de desempenho das organizações. Essa discussão surge, principalmente, como uma crítica aos tradicionais sistemas de medição de desempenho baseados em medidas financeiras, como apresentado anteriormente.

Segundo Kaplan (1992), as medidas tradicionais do desempenho financeiro não estão alinhadas com as novas habilidades e competências necessárias ao desempenho competitivo das organizações modernas. Esse autor sugere que os sistemas de medição de desempenho devem ser compostos por um conjunto balanceado de medidas que permitam a avaliação do desempenho da empresa sob outras perspectivas além da financeira, como a satisfação dos clientes, a eficiência dos processos internos e a capacidade de inovação e aprendizagem.

Nesse aspecto, observou-se que, na escolha dos indicadores a serem coletados, as empresas assessoradas durante o projeto SISIND não consideravam suas estratégias e fatores críticos de sucesso. Muitas vezes, o critério para escolha baseava-se na simplicidade dos indicadores ou na facilidade de acesso aos dados. Esse fato deve-se, em parte, à falta de uma estratégia explícita na maioria das empresas, o que torna difícil o julgamento e priorização de medidas. Por outro lado, a seleção das medidas mais adequadas ou relevantes para avaliar o desempenho de uma organização é ainda uma questão em discussão mesmo em outros setores industriais.

Na empresa A, por exemplo, o conjunto de indicadores foi desenvolvido como parte da implantação de um Programa de Gestão da Qualidade Total, iniciado em 1995, e tinha por objetivo avaliar o progresso alcançado na resolução de problemas dos diferentes setores da empresa. Ao longo do tempo e à medida que os problemas foram sendo resolvidos, muitos indicadores atingiram um valor estável e as pessoas começaram a perder a motivação inicial na medição dos indicadores. No entanto, como a empresa utiliza atualmente esses indicadores em um programa de remuneração por resultados, a coleta dos dados é obrigatória e tem gerado nas pessoas uma tendência à otimização, algumas vezes mascarando resultados. Assim, na época da entrevista, o diretor da empresa questionava a quantidade de indicadores e reconhecia a necessidade de sua vinculação aos fatores críticos de sucesso. Esse questionamento foi o resultado do processo de amadurecimento da empresa na utilização dos indicadores e das tentativas de resolver os problemas que surgiram nesse período.

Ainda com relação ao projeto dos sistemas, autores como Sink e Tuttle (1993), Manoocheri (1999) e Neely et al. (1996) propõem que o problema também pode estar relacionado a fatores como complexidade e confiabilidade dos procedimentos de coleta de dados, agilidade do processamento, formas de representação e mecanismos de distribuição da informação, entre outros.

Deve-se considerar inicialmente que a avaliação sistemática de desempenho não é uma prática comum nas empresas de construção. Justifica-se, portanto, que muitas das dificuldades de implementação das medições estão relacionadas com a falta de uma estrutura adequada para coleta e processamento de dados. Entre as dificuldades apontadas pelos gerentes para implementação das medições estão a falta de tempo e a falta de pessoas para realizar a tarefa: a atividade de coleta de dados parece representar um ônus a mais na rotina de todas as pessoas nas empresas (LANTELME, 1994).

Para exemplificar, uma das dificuldades colocadas pelos entrevistados está relacionada com o tempo entre a coleta e a disponibilização da informação para tomada de decisão. Por exemplo, a empresa F optou por centralizar o processamento dos dados coletados em suas obras no escritório. Os dados eram processados apenas quando existia um número suficiente deles. Como muitas obras não faziam a coleta sistematicamente, existia uma demora no retorno do resultado à obra. Esse procedimento acabou por desmotivar as pessoas com o processo de medição, uma vez que, quando os resultados eram analisados, eles “contavam apenas a estória do que havia acontecido na obra”. Por outro lado, a empresa G, uma empresa do setor de Energia Elétrica, optou pela automação da coleta de dados como forma de obter uma maior rapidez do processamento e também uma maior confiabilidade nos dados coletados.

Na empresa H, a principal característica do sistema de medição de desempenho é a aplicação do princípio da transparência. O sistema pode ser acessado, através da rede interna de computadores, em vários pontos da fábrica por diferentes pessoas, mediante senhas. O sistema permite o processamento e acesso rápido à informação, e busca, através de representações gráficas, facilitar a comunicação. Cada indicador ou grupo de indicadores possui uma pessoa responsável por sua atualização. Essa pessoa também é responsável por definir, junto com uma equipe, ações para atingir as metas previamente estabelecidas pelo planejamento estratégico. Os indicadores são avaliados periodicamente em reuniões das quais participam as pessoas envolvidas no planejamento das ações. A avaliação dos indicadores está vinculada aos ciclos de planejamento e controle dos processos.

A transparência da informação, segundo o gerente da empresa H, demonstrou duas vantagens. A primeira é que, à medida que as pessoas tinham de apresentar os resultados de suas ações (os indicadores) nas reuniões, elas se tornaram mais responsáveis por sua atividade. A segunda vantagem é que tais procedimentos permitiram uma maior velocidade da tomada de decisão. As reuniões periódicas, segundo o gerente, também permitiu superar uma dificuldade inicial: *a falta de disciplina das pessoas na alimentação sistemática do sistema.*

Hronec (1994), Sink e Tuttle (1993) e Manoocheri (1999) apontam também que o problema pode estar na forma de condução da implementação dos sistemas de medição na organização. Para esses autores, a implementação de medições de desempenho pode representar uma mudança significativa na rotina das pessoas, e o fato de as medidas exporem o desempenho e sujeitarem as ações do indivíduo ao julgamento representa uma ameaça para muitos. Dessa forma, eles sugerem o envolvimento das pessoas na seleção das medidas, treinamento, mecanismos de recompensa, entre outros.

Na empresa C, os indicadores utilizados medem a produtividade dos serviços e são usados para estabelecer metas de produção e premiação do desempenho de equipes. O gerente entrevistado relatou que a primeira reação dos trabalhadores quando da implantação dos indicadores foi considerar a medição como mecanismo de controle de punição. O problema foi contornado com uma explicação dada pelo próprio diretor quanto aos objetivos da medição bem como à vinculação do desempenho das equipes a uma remuneração adicional. Tal iniciativa, nesse caso, foi suficiente para restaurar o clima de confiança que havia anteriormente na relação entre empresa e operários. Assim, a partir daquele momento, os operários passaram a aceitar a medição naturalmente.

Por outro lado, algumas dificuldades identificadas neste estudo não podem ser simplesmente resolvidas mediante o projeto do sistema, pois se relacionam à forma de pensar e agir dos gerentes do setor e são neste artigo referidas por dificuldades comportamentais.

## **Dificuldades comportamentais – formas de pensar e agir**

A literatura sobre medição de desempenho também faz referência, embora em um pequeno número de trabalhos, a que um dos principais obstáculos à implementação das medições de desempenho é o comportamento de decisão dos

gerentes. Manoocheri (1999), por exemplo, sugere como uma dificuldade fazer com que os gerentes utilizem as medidas no seu processo de decisão.

Schiemann e Lingle (1999) sugerem que a introdução de um sistema de medição de desempenho representa uma mudança cultural que desafia a forma como a informação é utilizada, compartilhada e gerenciada na empresa. Esses autores compararam as diferenças entre as empresas que possuem sistemas de medição de desempenho integrados aos seus sistemas gerenciais e aquelas que não os possuem e identificaram que as principais diferenças relacionam-se aos procedimentos organizacionais e atitudes gerenciais no que se refere ao compartilhamento de informações, processos de decisão, liderança e mecanismos de reconhecimento e recompensa. Esses autores sugerem que os obstáculos à implementação de sistemas de medição de desempenho eficazes estão relacionados à forma como os indivíduos percebem e interpretam as informações e à visão dos gerentes de que deter a informação representa poder e de que erros *não são admitidos*.

Muitos gerentes vêem a medição como uma forma de controlar o comportamento das pessoas em vez de vê-las como uma ferramenta para auxiliar na comunicação. Nas entrevistas observaram-se comportamentos nos quais a preocupação do gerente restringia-se a encontrar os erros e os culpados, como no caso da empresa E, que utilizou os indicadores de produção dos operários para punição (através de demissões) daqueles que não atingiram um determinado padrão de produção semanal.

Na análise dos resultados dos indicadores, os gerentes tendem a buscar justificativas e os culpados pelos problemas, em vez de tentar entender tais problemas sistemicamente e identificar o que poderia ter sido feito para evitá-los. Como resultado, não há um efetivo processo de reflexão e aprendizagem. A empresa D, por exemplo, mede a eficiência do projeto estrutural por meio de dois indicadores: volume de concreto e peso do aço por área construída. Um de seus projetos apresentou um alto consumo de aço e concreto devido à necessidade de se construir uma viga de transição no primeiro pavimento para garantir o espaço necessário às garagens do térreo. Na análise feita pelo gerente, ele simplesmente justificou que os valores de referência disponíveis para comparação não são adequados para esse tipo de projeto em vez de questionar como o processo de desenvolvimento do produto poderia ser melhorado. Por exemplo, poderiam ser introduzidos conceitos de coordenação modular ou haver maior integração entre os projetos arquitetônico e estrutural.

Por outro lado, os indicadores podem induzir as pessoas à reflexão e ao questionamento, principalmente no caso de resultados indesejados. O entrevistado da empresa G relatou que, a partir do uso dos indicadores, algumas mudanças puderam ser feitas na seleção de uma tecnologia de sistemas estruturais mais econômica. Os indicadores também apontaram áreas na empresa que eram deficientes e induziram a empresa à criação de um setor de atendimento ao cliente e à estruturação de um sistema de informação para esse setor. O gerente entrevistado comentou que sempre houve uma preocupação em divulgar os resultados e discutir soluções com as pessoas envolvidas nos processos.

Dessa forma, considera-se o desenvolvimento do raciocínio sistêmico como uma disciplina fundamental para avaliação de indicadores e sua utilização em processos de aprendizagem. O desenvolvimento de raciocínio sistêmico também auxilia a compreender e utilizar os sistemas de medição não somente para controle, mas também para a busca de soluções inovadoras para a melhoria dos processos.

Dessas observações conclui-se que algumas dificuldades de implementação de sistemas de medição de desempenho encontram-se na forma de pensar e agir dos gerentes. Portanto, a implementação desses sistemas, tendo em vista sua utilização como facilitador da aprendizagem organizacional, implica também o desenvolvimento de competências gerenciais.

## Diretrizes de implementação

A análise realizada permite propor algumas diretrizes para implementação dos sistemas de medição de desempenho nas empresas do setor. As diretrizes foram organizadas segundo as etapas que compõem a medição – coleta, processamento e avaliação.

Na **coleta**, o planejamento da coleta de dados deve ser realizado buscando-se reduzir os custos e simplificando-se o processo de coleta, a fim de reduzir os recursos despendidos nesta etapa. O planejamento deve considerar:

- aproveitamento de dados já disponíveis na empresa, coletados através de sistemas ou procedimentos de controle utilizados;
- elaboração de instrumentos de coleta (planilhas, listas de verificação) ou adaptação dos existentes para adequá-los às novas necessidades de informação. Os instrumentos para coleta de dados devem ser inicialmente testados, aperfeiçoando-

os e adaptando-os para melhor se adequarem às rotinas de trabalho e às necessidades de informação;

- designação de um coordenador do processo de medição dos indicadores, responsável por definir quem irá coletar os dados e verificar se a coleta está sendo feita segundo os critérios e na periodicidade estabelecida;
- designação de uma pessoa dentro da empresa, diretamente envolvida com o processo ou produto a ser avaliado, para coleta de dados de cada indicador ou grupo de indicadores. É importante que essa pessoa (ou pessoas) seja treinada quanto aos procedimentos de coleta de dados;
- que a introdução de atividades de coleta de dados na rotina das pessoas pode muitas vezes sofrer resistências. Tais atitudes podem estar relacionadas ao acúmulo de tarefas e à sensação de que falta tempo para essa atividade. Podem ainda estar relacionadas à falta de uma visão da importância da atividade para o desempenho global da empresa ou, ainda, à impressão de que a medição está sendo introduzida para controlar o desempenho do indivíduo. Assim, recomenda-se que tais pessoas sejam constantemente esclarecidas quanto aos objetivos da medição e dos benefícios que podem trazer para o seu próprio trabalho, bem como sejam envolvidas no processo de tomada de decisão tanto no que se refere à coleta de dados quanto à análise de resultados.

No **processamento**, as principais diretrizes para o planejamento desta etapa referem-se à forma de representação da informação, a fim de torná-la mais acessível e de fácil compreensão e análise para as várias pessoas interessadas. Nesta etapa deve-se considerar:

- a entrega da informação a tempo para a tomada de decisão, reduzindo-se o tempo de processamento para que as informações possam estar disponíveis dentro de prazos definidos para os ciclos de planejamento e controle de cada processo;
- que o coordenador do processo de medição também deve estabelecer os responsáveis pelo processamento dos dados e sua frequência. Nesse caso, o uso de sistemas automatizados (software e hardware) pode auxiliar na redução do tempo de processamento e aumentar a confiabilidade das medições;
- a representação da informação, preferencialmente através de mecanismos visuais (gráficos, figuras, sinais e cores) que permitam o fácil entendimento e comunicação da informação para todas as pessoas diretamente envolvidas na tomada de decisão. Considerando os atuais recursos da tecnologia de informação, os siste-

mas informatizados podem ainda oferecer maior flexibilidade no tratamento da informação e maior poder de comunicação.

Na **avaliação**, deve-se privilegiar a análise sistêmica dos resultados, ou seja, buscar entender as relações de causa e efeito entre as variáveis que influenciam o seu resultado, e não somente buscar justificativas ou culpados. Deve-se considerar:

- a formalização de momentos específicos para essa atividade (reuniões periódicas), nos quais serão apresentados e discutidos os resultados. A periodicidade dessas reuniões deve estar vinculada aos ciclos de planejamento e controle dos processos;
- a promoção de um clima de participação e abertura para o processo de avaliação, no qual os principais envolvidos no processo contribuam para o questionamento dos resultados e desenvolvimento de soluções. Esse clima favorece não somente o comprometimento das pessoas com as decisões tomadas, mas também a análise dos problemas considerando diferentes pontos de vista, que podem ser apresentados e questionados;
- o incentivo ao questionamento e à reflexão sobre os problemas e suas causas como forma de aprendizagem e desenvolvimento de competências organizacionais. A avaliação de desempenho pode ser considerada uma atividade inerente ao processo de aprendizagem, pois consolida o que foi aprendido e cria uma memória na organização;
- a promoção uma constante motivação para a medição, através da comparação de resultados obtidos com valores de referência, principalmente externos à empresa. Neste caso, deve-se valorizar o desenvolvimento de processos de *benchmarking*, nos quais tais valores podem ser obtidos.

## As reformulações do SISIND

275

As reformulações realizadas no SISIND visam a dar uma melhor visão às empresas de como utilizar os indicadores e integrá-los ao gerenciamento dos processos. Essas modificações seguem um princípio sempre presente neste projeto, de dar ao sistema um caráter dinâmico que acompanhe as evoluções conceituais e novas tendências gerenciais para o setor.

Na primeira etapa de reformulação foram realizadas revisões dos critérios de medição dos indicadores existentes e sua representatividade. Essa revisão resultou

na modificação de alguns indicadores, na exclusão de outros, bem como na inclusão de novos indicadores. No entanto, a principal mudança está na integração dos indicadores a modelos genéricos para gerenciamento dos processos, desenvolvidos em duas linhas de pesquisa do NORIE/UFRGS: Desenvolvimento do Produto e Planejamento e Controle da Produção. Essas pesquisas propõem modelos genéricos para o gerenciamento e organização dos processos, bem como discutem princípios e conceitos que dirigem seu desenvolvimento e implantação.

A partir desses modelos, sugere-se que a empresa analise seus próprios processos gerenciais, comparando-os com os modelos propostos, identificando os momentos do processo em que os indicadores devem ser coletados e aqueles nos quais devem ser avaliados, bem como as pessoas responsáveis por tais atividades. É o que se denomina nessa nova proposta de inserção no processo. A Figura 3 apresenta o modelo genérico do processo de desenvolvimento do produto e a proposta de inserção dos indicadores.

## Conclusão

Os sistemas de medição de desempenho têm assumido novos papéis no gerenciamento de processos e negócios, sendo reconhecidos como importantes facilitadores da comunicação e da implementação da estratégia, bem como do processo de aprendizagem organizacional.

As diretrizes apresentadas apontam a necessidade de revisão do projeto do sistema, seu conteúdo, procedimentos e forma de implementação. Observou-se também que alguns comportamentos gerenciais podem representar barreiras à implementação e utilização dos sistemas de medição de desempenho, tais como deficiências na análise sistêmica dos resultados e visão centralizada no controle. Nesse caso, chama-se a atenção para a necessidade de se trabalharem também a formação e o desenvolvimento gerencial com o objetivo de desenvolver novas competências para a tomada de decisão.

Nesse sentido, foi iniciado no NORIE/UFRGS um projeto de pesquisa com objetivo de desenvolver competências gerenciais para a tomada de decisão através da Aprendizagem na Ação. Segundo Davey et al. (2000), a Aprendizagem na Ação é uma abordagem bem documentada que vem sendo utilizada na educação e desenvolvimento gerencial. O mecanismo da Aprendizagem na Ação é bastante simples e

consiste na reunião periódica de um pequeno grupo de pessoas (cinco a seis participantes), denominado *set*, para a discussão de problemas na atividade profissional, através do compartilhamento de informações e experiências e do levantamento de questões. O objetivo dessas reuniões é induzir as pessoas à reflexão e desafiar-las a buscar soluções com base em seus próprios conhecimentos.

Quanto ao SISIND, a integração dos indicadores aos modelos genéricos tem propiciado vencer algumas barreiras à implementação das medições, uma vez que se propõe uma mudança na própria forma de gerenciar os processos e na tomada de decisão.

Outros estudos em desenvolvimento no NORIE/UFRGS têm por objetivo investigar a questão do alinhamento dos indicadores à estratégia corporativa e dos empreendimentos e sua integração em diferentes níveis gerenciais. Ainda dando continuidade a essa linha de pesquisa e visando a disseminar o conhecimento sobre medição de desempenho acumulado ao longo do desenvolvimento deste projeto, está em discussão o desenvolvimento de pacotes instrucionais para uso via Internet como forma de capacitar os profissionais para a coleta e a análise de indicadores de desempenho e disseminar o uso dos indicadores propostos no SISIND.

## Referências bibliográficas

ANDERSON, Liane. **Argyris and Schon's theory on congruence and learning**. [on-line]. Disponível em: <<http://www.scu.edu.au/schools/sawd/arr/argyris.html>>. Acesso em: nov. 1997.

ARMITAGE, Howard M.; ATKINSON, Anthony A. The choice of productivity measures in organizations. In: KAPLAN, Robert (Ed.). *Measures for Manufacturing Excellence. Colloquium...* Boston: Harvard Business School, 1990. p. 91-126. cap. 4.

BERLINER, Callie; BRIMSON, James. A. (Ed.). **Cost management for today's advanced manufacturing** - the CAM-I conceptual design. Boston: Harvard Business School, 1988. p.1-42/159-174.

BONELLI, Regis; FLEURY, Paulo F.; FRITSCH, Winston. Indicadores microeconômicos do desempenho competitivo. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 3-19, 1994.

De GEUS, A. P. Planejamento como aprendizado. In: STARKEY, K. **Como as organizações aprendem**. São Paulo: Futura, 1997. p. 115-125.

DiBELLA, Anthony J., NEVIS, Edwin C. **How organizations learn: an integrated strategy for building learning capability**. San Francisco: Jossey-Bass, 1998. 216 p.

EASTERBY-SMITH, Mark; ARAUJO, Luis. Organizational learning: current debates and opportunities. In: EASTERBY-SMITH, M.; BURGOYNE, J.; ARAUJO, L. (Ed.). **Organizational learning and the learning organization: developments in theory and practice**. London: Sage, 1999. p. 1-22.

ECCLES, Robert G. The performance measurement manifesto. **Harvard Business Review**, p. 131-37, Jan./Feb. 1991.

FRUET, G. M.; FORMOSO, C. T. Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte. In: SEMINÁRIO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL (Gestão e Tecnologia), 2., jun. 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1993. p. 1-51.

GRIEF, Michel. **The visual factory**: building participation through shared information. Portland: Productivity Press, 1991. 281 p.

HRONEC, Steven M. **Sinais vitais**: usando medidas de desempenho.... São Paulo: Makron Books, 1994. 240 p.

JOHNSON, H. Thomas. Performance measurement for competitive excellence. In: KAPLAN, Robert (Ed.). Measures for Manufacturing Excellence.

**Colloquium...** Boston: Harvard Business School, 1990. p. 63-90. cap. 4.

KAPLAN, Robert S. (Ed.). **Colloquium on measures for manufacturing excellence**. Boston: Harvard Business School (Harvard Business School Series in Accounting and Control), 1990. 408 p. 1992.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David. The balanced scorecard: measures that drive performance. **Harvard Business Review**, p. 71-79, Jan./Feb. 1992

\_\_\_\_\_. **A estratégia em ação**: balanced scorecard. São Paulo: Campus, 1997.

KIM, Daniel. O elo entre a aprendizagem individual e a aprendizagem organizacional. In: KLEIN, David, A. **A gestão estratégica do capital intelectual**: recursos para a economia baseada em conhecimento. Rio de Janeiro: Qualitmark, 1998. p. 61-92.

KOSKELA, Lauri. **Application of new production philosophy to construction**. (Technical Report n. 72). Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University, 1992.

LANTELME, Elvira M. V. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a Construção Civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 1994.

LANTELME, Elvira M. V. **A utilização de indicadores na avaliação e melhoria do desempenho de processos da construção de edificações**: uma abordagem com base em princípios da aprendizagem organizacional (Seminário de doutoramento). Porto Alegre, 1999.

MANOOCHERI, Gus. Overcoming obstacles to developing effective performance measures. **Work Study**, v. 48 (6), p. 233-229, 1999.

NEELY, Andy. The performance measurement revolution: why now and what next? **International Journal of operations & Production Management**, [S.l.]: MCB University Press, v. 19, n. 2, p. 205-228, 1999.

NEELY, A. D.; MILLS, J. et al. Performance measurement system design: should process based approaches be adopted? **Elsevier, International Journal of Production Economics**, v. 46-47, p. 423-431, 1996.

NORIE/UFRGS - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil** (Relatório de pesquisa do Projeto Gestão da Qualidade na Construção Civil). Porto Alegre: NORIE-UFRGS/ FINEP- Programa Habitare, 2000. [em desenvolvimento].

NONAKA, I. A empresa criadora do conhecimento. In: STARKEY, K. **Como as organizações aprendem**. São Paulo: Futura, 1997. p. 27-43.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação do conhecimento na empresa**. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 358 p.

OLIVEIRA, Keller A. Z. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção: proposta baseada em estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 1999.

OLIVEIRA, Mirian; LANTELME, Elvira; FORMOSO, Carlos T. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade na Construção Civil: manual de utilização**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1993. 79 p.

PEDLER, Mike; BURGOYNE, John; BOYDELL, Tom. **The learning company: a strategy for sustainable development**. London: McGraw-Hill, 1991. 213 p.

SAKURAI, Michiharu. The influence of factory automation on management accounting practices: a study of Japanese companies. In: KAPLAN, Robert (Ed.). *Measures for Manufacturing Excellence. Colloquium...* Boston: Harvard Business School, 1990. p. 39-60. cap. 2

SCHIEMAN, William A.; LINGLE, John, H. **Bullseye!**: hitting your strategic targets through high-impact measurement. New York: Free Press, 1999. 206 p.

SENGE, P. **A quinta disciplina**: arte, teoria e prática da organização que aprende. São Paulo: Best Seller, 1990. 352 p.

\_\_\_\_\_. Walk into the future. **Executive excellence**, p. 9-10, Apr. 1999.

SINK, D. Scott; TUTTLE, Thomas C. **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro: Quality Mark, 1993. 343 p.

TIRONI, Luis F. et al. **Indicadores de qualidade e produtividade**: um relato de experiências no setor público. Brasília: IPEA/MEFP, 1992. 24 p. (Texto para discussão, 263).

TSANG, Eric. W. K. Organizational learning and the learning organization: a dichotomy between descriptive and prescriptive research. **Human Relations**, v. 50 n. 1, p. 73-89, 1997.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1995. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

WAGGONER, Daniel B.; NEELY, Andy D.; KENNERLY, Mike P. The forces that shape organisational performance measurement systems: an interdisciplinary review. **International Journal of Production Economics**, Elsevier, v. 60 n. 61, p. 53-60, 1999.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel, T.; ROSS, Daniel. **The machine that changed the world**. [S.l.]: Rawson Associates, 1991. 323 p.

# 11.2

## Modelo de gestão do processo de desenvolvimento de produto na construção habitacional

Patrícia Tzortzopoulos e Carlos Torres Formoso

### Resumo

O desempenho do processo de desenvolvimento de produtos possui forte influência sobre a eficiência e a duração de projetos de edificações, bem como sobre a qualidade do produto final. Entretanto, a maior parte das pesquisas voltadas à melhoria da qualidade na construção tem focado, principalmente, o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de gestão da produção, fato que contrasta com os poucos esforços visando à melhoria do processo de desenvolvimento de produtos. O objetivo deste estudo foi criar um modelo para o gerenciamento do processo de desenvolvimento de produtos em empresas construtoras de pequeno porte, envolvidas no desenvolvimento e execução de edifícios comerciais e residenciais. Esse modelo consiste em um guia genérico para o processo de desenvolvimento de produtos que pode ser utilizado por diferentes empresas como base para a elaboração de modelos específicos para gerenciar o desenvolvimento de diferentes projetos. A elaboração do modelo foi baseada em estudos de caso desenvolvidos em conjunto com duas empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte do sul do país, bem como em um estudo de *benchmarking*.

Este estudo correspondeu a um dos subprojetos do projeto Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processo em Empresas de Pequeno Porte.

## Introdução

Desenvolvimento de produtos é definido como o processo através do qual um produto é concebido, projetado e lançado no mercado e inclui retroalimentação tanto do processo de produção quanto do uso do produto (ULRICH; EPPINGER, 1995). Este inclui o projeto do produto bem como outras atividades do processo de projeto, à medida que elas necessitam ser desenvolvidas em conjunto.

Apesar de grande parte das atividades consistirem em atividades de projeto, existem outros tipos de atividades envolvidas, como, por exemplo, avaliações econômico-financeiras, aprovações legais de projetos e pesquisas junto a clientes. Esse processo se inicia com a percepção de uma oportunidade de mercado e, em geral, envolve a identificação de requisitos do cliente, estudo preliminar, projeto do produto, validação do produto, lançamento no mercado e coleta e disseminação de dados para retroalimentação (COOPER, 1998; YAZDANI; HOLMES, 1999).

Recentemente, o aumento da complexidade das construções e o aumento da competição no mercado têm incrementado a pressão para a melhoria da performance do desenvolvimento de produtos na Construção Civil. Em geral, clientes vêm demandando uma maior qualidade no produto. Além disso, as reduções do tempo de ciclo e flexibilidade de produto vêm se tornando dimensões competitivas cada vez mais importantes no mercado imobiliário.

O projeto de edificações possui sérios problemas gerenciais. Mesmo produtos não muito complexos requerem centenas de decisões a respeito de detalhes, e apresentam-se diversas interdependências entre estas decisões. Existem também conflitos entre requisitos, o que demanda um grande esforço para reconhecer, compreender e gerenciar *trade-offs*. Além disso, decisões devem ser tomadas rapidamente e muitas vezes sem informações completas. Um grande número de pessoas é envolvido nesse processo, como arquitetos, gerentes de produção, projetistas de estruturas e sistemas elétricos e hidráulicos, bem como consultores de *marketing*. Ainda, é necessário um longo período para que dados de retroalimentação provindos do processo de produção e uso da edificação sejam obtidos, e esse processo tende a ser ineficaz.

O processo de desenvolvimento de produtos necessita ser planejado e controlado mais eficientemente, para que se possa minimizar os efeitos da incerteza e complexidade associados ao mesmo. A falta de planejamento no projeto resulta em pouca coordenação e comunicação entre disciplinas, alocação desbalanceada de recursos de projeto, informações insuficientes acessíveis para completar tarefas de projeto e a conseqüente inconsistência entre documentos de obra, entre outros problemas (AUSTIN et al., 1994; KOSKELA et al., 1997).

Prasad et al. (1998) sugerem que a modelagem dos processos da empresa e a sua decomposição em atividades de fluxo de trabalho são necessárias para organizar o trabalho da equipe de desenvolvimento de produtos e direcionar seus esforços. Smith e Morrow (1999) afirmam que a elaboração de modelos para o processo de desenvolvimento do produto é importante tanto para a aprendizagem sobre este processo como para a recomendação de formas de controle. Na realidade, muitos esforços vêm sendo direcionados para o desenvolvimento de modelos dos processos de desenvolvimento de produtos e projeto, sendo a maioria deles direcionados à indústria de manufatura. O escopo, objetivos e a base conceitual desses modelos variam extensamente. Um grande número de modelos procura simplesmente descrever o processo, e alguns deles focam o processo de desenvolvimento de produtos (por exemplo, O'Brien e Smith, 1994; Prasad et al., 1998; Yazdani e Holmes, 1999), enquanto outros descrevem o processo de projeto em si (como, por exemplo, Goldschmidt, 1992; Frankenberger e Badke-Schaub, 1998; Mazijoglou e Scrivener, 1998).

Há ainda modelos que apresentam protocolos e ferramentas para auxiliar no desenvolvimento do produto e na gestão do projeto. Eles podem ser usados como guias e apresentam um modelo genérico do processo e um conjunto de métodos e técnicas que podem ser utilizados para apoiar diferentes tarefas gerenciais. Esse é o caso, por exemplo, do *Process Protocol*, desenvolvido por Kagioglou et al. (2000), para todo o ciclo de vida de projetos de construção. Ulrich e Eppinger (1995) recomendam o uso desses modelos, considerando que eles explicitam o processo de tomada de decisões e, dessa forma, permitem que todos na equipe de projeto compreendam as razões pelas quais decisões de projeto são tomadas e que se reduzam as possibilidades de desenvolver o projeto com base em decisões não consensuais. Os mesmos autores acrescentam que esses modelos podem ser utilizados como: (a) listas de verificação para a execução das principais atividades do desenvolvimento de produtos, assegurando que questões importantes não sejam esquecidas, e (b) como base

para a documentação do projeto como desenvolvido, de forma a criar um registro do processo de tomada de decisões para futura referência e para treinamento de novos envolvidos no processo.

Neste estudo, foi desenvolvido um modelo genérico para a gestão do processo de desenvolvimento de produtos da Construção Civil. O escopo desse modelo foi limitado ao desenvolvimento de projetos comerciais e residenciais, à medida que a limitação a uma determinada tipologia torna mais simples a representação abstrata do processo. Ainda, este estudo foi focado no processo de desenvolvimento de produtos e não somente no projeto, em função da forte influência que as interfaces entre o projeto e os demais processos, como vendas, produção e manutenção, exercem sobre o desempenho de edificações. Diversos autores sugerem que os resultados de pesquisas em modelagem do projeto têm tido impacto limitado sobre a performance da indústria, à medida que esses estudos têm considerado o projeto como uma atividade relativamente autônoma e delimitada, e assim não consideram questões como disponibilidade de recursos, restrições de tempo e estrutura organizacional, questões essenciais na condução efetiva do projeto (ANDREASEN et al., 1998; MAFFIN, 1998).

## A natureza da atividade de projeto

Técnicas tradicionais de modelagem de processos foram desenvolvidas para processos relativamente estruturados e estáveis, e não abordam questões comuns do desenvolvimento de produtos. O projeto é uma atividade complexa e multidisciplinar, e as informações envolvidas são dinâmicas e semanticamente ricas (BOSTON et al. 1998; ANDREASEN et al., 1998).

Diversos modelos descritivos de projeto vêm sendo desenvolvidos desde o início da década de 60, objetivando compreender e descrever a atividade de projeto em um nível abstrato. A maior parte deles descreve um grupo de atividades que, geralmente, incluem: (a) análise – ordenando e estruturando o problema; (b) síntese – gerando uma solução; e (c) avaliação – envolvendo a avaliação crítica das soluções sugeridas em relação aos objetivos identificados na fase de análise (LAWSON, 1990).

Um dos modelos de projeto mais citados na bibliografia é o proposto por Markus e Arch (1973), segundo o qual duas diferentes dimensões são necessárias

para descrever a natureza iterativa e cíclica do projeto. Conforme apresentado na Figura 1, esse modelo apresenta uma estrutura vertical de etapas, seqüências de projeto, e uma estrutura horizontal de atividades interativas e cíclicas.

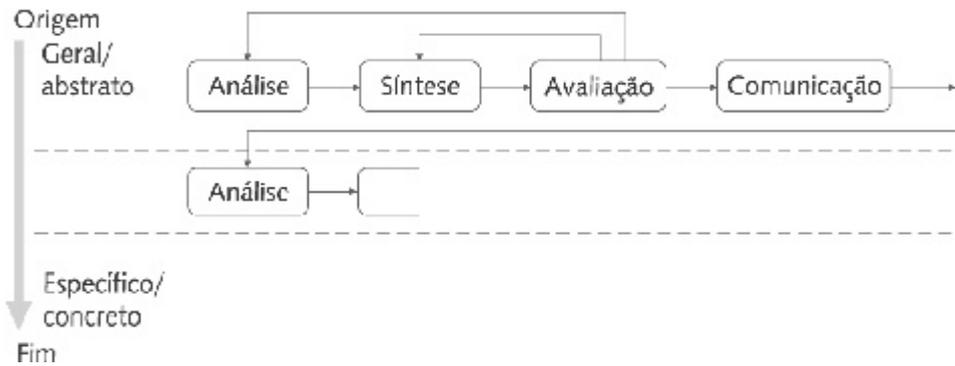


Figura 1 – Modelo do processo de projeto proposto por Markus e Arch (1973)

O paradigma de análise-síntese-avaliação tem sido criticado através dos anos por diversos autores. Lawson (1990) afirma que esse paradigma foi estabelecido a partir de idéias existentes sobre o projeto, em vez de ser derivado de observação experimental, e, dessa forma, descreve mais claramente a visão sistemática de cientistas (não projetistas) sobre como o projeto deve ser, em vez daquela dos projetistas. Baseado na observação do trabalho de urbanistas, Levin (1966) afirma que somente através da geração de soluções os projetistas identificam e compreendem problemas de projeto, como, por exemplo, conflitos entre necessidades de dois diferentes clientes. Eastman (1970) obteve um resultado similar em seu estudo, concluindo que não existe uma divisão clara entre as atividades de análise e síntese, mas um aprendizado simultâneo sobre a natureza do problema e o grupo de possíveis soluções.

O fato de que o número de requisitos dos clientes tende a ser muito grande torna difícil a tarefa de formular uma descrição do problema sem implícita ou explicitamente referir-se a uma solução. O estudo de Darke (1978) sugere que os arquitetos tendem a lançar uma idéia relativamente simples no início do processo, que é utilizada para diminuir o número de soluções possíveis. Esse é um princípio de organização que direciona o processo de tomada de decisões, possibilitando que os projetistas rapidamente explorem o problema através da geração de soluções esquemáticas. Na realidade, usualmente é mais fácil para os clientes comunicar suas necessidades e desejos através de críticas e reações a uma proposta de projeto do que

através da tentativa de desenvolver uma especificação de performance abstrata (LAWSON, 1990). Dessa forma, a atenção de projetistas oscila entre a compreensão do problema e a busca por uma solução (CROSS, 1994).

A existência de diversos *loops* de áreas de decisão interdependentes também contribui para que a interação seja uma característica comum no projeto (LEVIN, 1966; GOLSDSCHMIDT, 1992; AUSTIN et al., 1994). Como resultado, não é possível planejar o projeto como uma seqüência bem definida de passos, à medida que muitas decisões são afetadas por algumas que foram tomadas previamente, bem como por outras que serão tomadas em etapas futuras do projeto.

Outra simplificação demasiada de alguns modelos de projeto é a abordagem *top-down*. É amplamente conhecido o fato de que existe uma estrutura hierárquica de decisões de projeto, variando de conceitos genéricos até detalhes. Tipicamente, o projeto de um artefato pode ser dividido em três etapas genéricas (CROSS, 1994):

- (a) Projeto conceitual: baseados em uma descrição inicial do problema, projetistas geram soluções amplas na forma de esquemas;
- (b) Anteprojeto: os esquemas são desenvolvidos a um maior nível de detalhe, e uma escolha final entre alternativas é normalmente efetuada. Considerações técnicas e econômicas de grande importância são tomadas nesta etapa;
- (c) Projeto detalhado: um grande número de decisões sobre detalhes de projeto ocorre, como dimensões de elementos e especificação de materiais.

Entretanto, o projeto não é um processo estritamente hierárquico. Muitos projetistas usam uma estratégia de pesquisa arbitrária, na qual modificam livremente o nível de detalhe avaliado, especialmente nas etapas iniciais do projeto (CROSS, 1994). Projetistas normalmente avaliam o conceito geral de projeto e, ao mesmo tempo, pensam sobre aspectos detalhados na implementação daquele conceito (CROSS, 1999).

No projeto de edificações, o problema é usualmente mal definido no início do processo de desenvolvimento de produtos. Em alguns projetos, o cliente final somente é conhecido quando o projeto está em um estágio de desenvolvimento relativamente avançado. Apesar de usualmente ser possível melhorar a definição inicial do problema questionando o cliente, coletando dados e pesquisando, é importante ter em mente que alguns dos requisitos dos clientes não podem ser explicitados (CROSBY, 1995). Além disso, o projeto é um processo exploratório, no qual projetistas devem transcender as necessidades dos clientes e produzir propostas que sejam inovadoras e estimulantes (CROSS, 1999). Como resultado, o programa de ne-

cessidades não é utilizado como uma especificação para uma solução, mas como um mapa de um território desconhecido.

Assim, o projeto pode ser descrito como um processo pouco estruturado, interativo e focado em soluções. Isso significa que os passos necessários para a produção de uma solução de projeto não podem ser preestabelecidos de forma detalhada (CROSS, 1999). Essas considerações claramente indicam que a elaboração de modelos para o processo de desenvolvimento do produto é uma tarefa muito diferente do desenvolvimento de modelos para processos gerenciais em geral.

## Desenvolvimento do produto analisado sob uma perspectiva gerencial

Além da compreensão da natureza da atividade de projeto em si, a discussão dos principais conceitos envolvidos no desenvolvimento de produtos sob uma perspectiva gerencial é necessária. Desenvolvimento do produto é usualmente definido como um processo através do qual as necessidades e requisitos dos clientes são transformados em uma descrição do produto. Essa abordagem é baseada no que Koskela (2000) classifica como o modelo de transformação, através do qual se assume que a melhoria de processos pode ser atingida basicamente através da gestão e melhoria de cada uma de suas partes (subprocessos) separadamente. Entretanto, essa abordagem não é adequada para o processo de desenvolvimento do produto, em função do grande número de interações existentes entre as atividades de projeto.

O modelo de transformação contribuiu parcialmente para a falta de transparência na construção, pois ele abstrai os fluxos entre as atividades de conversão e não contribui para a clara identificação de clientes internos e externos de cada processo (KOSKELA, 1992). O foco de controle somente nas atividades de conversão é uma das maiores causas de incerteza na gestão de processos, aumentando o número de atividades que não agregam valor (ALARCÓN, 1997).



Figura 2 – Modelo de fluxo do processo de projeto (HUOVILA et al., 1997)

O desenvolvimento de produtos deve ser analisado como um fluxo de informações no qual existem quatro tipos diferentes de atividades (HUOVILA et al., 1997): conversão, espera, movimento e inspeção (Figura 2). Somente as atividades de conversão podem agregar valor sob o ponto de vista dos clientes. Espera por informações, transferência de informações e inspeção são atividades que não agregam valor e, quando possível, devem ser eliminadas, ao invés de tornadas mais eficientes. Parte das atividades de conversão não agrega valor sempre que um retrabalho é necessário em função de erros, omissões ou incertezas. Ainda, o desenvolvimento do produto deve ser abordado como um processo que agrega valor não somente para o cliente final, mas também para os clientes internos ou intermediários. A satisfação dos requisitos ou necessidades dos clientes é desenvolvida de forma cíclica, através de diversas etapas, nas quais os requisitos são capturados e convertidos em um produto ou serviço entregue ao cliente (KOSKELA, 2000).

Nesta pesquisa, as três diferentes abordagens do projeto foram consideradas para elaboração do modelo do processo de desenvolvimento de produtos. Isso implica a existência de mecanismos para gerenciar atividades de transformação e fluxos de informações, bem como para considerar sistematicamente os requisitos de clientes internos e externos nas decisões de projeto.

## Método de pesquisa

### Estratégia de pesquisa

A estratégia de pesquisa adotada neste trabalho foi a pesquisa-ação, pois o objetivo foi a elaboração e o teste de um modelo de processo, considerando o ponto de vista de profissionais envolvidos no desenvolvimento de produtos.

Pesquisa-ação é uma estratégia que permite a obtenção de conhecimento e mudança em sistemas sociais. Esse é um processo cíclico que envolve diagnóstico do problema, planejamento, ação e medição de resultados. Nessa abordagem, o principal foco de investigação é o resultado de uma intervenção sobre o sujeito sendo pesquisado (EDEN; HUXHAM, 1997).

Cada estudo de caso envolveu o desenvolvimento de um modelo para a gestão do processo de desenvolvimento de produtos. Esse modelo consiste em um guia genérico para o processo de desenvolvimento do produto, que pode ser utilizado por diferentes empresas, como base para a definição de modelos específicos para gerenciar

o desenvolvimento de diferentes projetos. Os principais elementos do modelo são: (a) o conteúdo das principais atividades de desenvolvimento de produtos; (b) a relação de precedência entre as atividades; (c) os principais insumos e produtos de cada atividade; (d) ferramentas que podem ser utilizadas como suporte à execução dessas atividades; (e) as responsabilidades de cada um dos envolvidos; e (f) um modelo do fluxo de informações. O modelo proposto não é somente uma mera representação das práticas existentes em cada empresa – melhorias foram introduzidas baseadas em propostas apresentadas pela equipe de desenvolvimento do produto, boas práticas identificadas em um estudo de *benchmarking*, bem como na revisão da literatura desenvolvida pelos pesquisadores.

O desenvolvimento de dois estudos de caso possibilitou elaborar modelos para diferentes ambientes organizacionais. Isso criou uma oportunidade de aprendizado rica, à medida que os pontos fracos de um modelo puderam ser compensados pelos pontos fortes de outro, e a comparação de ambos cria condições favoráveis para a reflexão sobre o processo de desenvolvimento do produto em um alto nível de abstração. Como resultado, as evidências são mais interessantes e os resultados mais robustos (REMENNYI et al., 1998).

A longo prazo, pretende-se consolidar um modelo genérico (ou protocolo) que possa ser utilizado como ponto inicial para a definição do processo de desenvolvimento do produto, para diferentes tipos de projetos residenciais e comerciais desenvolvidos por empresas construtoras no Brasil.

Esse modelo de processo é mais específico que o *Process Protocol*, desenvolvido por Kagioglou et al. (2000), que é limitado ao mercado residencial e comercial, e que contém uma descrição mais detalhada, objetivando auxiliar na produção de procedimentos e na implementação de ferramentas em projetos desenvolvidos por essas empresas. Isso ocorre parcialmente pelo fato de o modelo ter sido desenvolvido em uma abordagem *bottom-up*, ou seja, dois modelos foram desenvolvidos em diferentes empresas e, com base neles, um modelo genérico mais abstrato foi proposto.

O modelo foi desenvolvido em cada empresa por um grupo que incluiu diretores das empresas e funcionários, projetistas externos à empresa e membros do grupo de pesquisadores. Assim, a experiência prévia e a percepção dos principais participantes do processo de desenvolvimento de produtos foram levadas em consideração neste estudo. Isso tende a aumentar a riqueza do modelo, já que ele foi desenvolvido com base em contribuições de uma variedade de profissionais envolvidos na construção – alguns deles com larga experiência de trabalho. Além disso, a

abordagem consensual adotada possui um efeito positivo para a remoção de barreiras para a implementação do modelo. O modelo foi implementado e testado gradualmente, dado o grande volume de trabalho com vistas a desenvolver um modelo dessa natureza, bem como a necessidade de manter todos os participantes motivados.

As duas empresas envolvidas nesta pesquisa atuam na Região Metropolitana de Porto Alegre (RS). Ambas são empresas de pequeno porte, e sua principal atividade é o desenvolvimento e construção de prédios comerciais e residenciais. Grande parte do trabalho envolvido na construção das edificações é subcontratado, e, tipicamente, entre um e três projetos são desenvolvidos e construídos a cada ano. Os principais critérios utilizados na seleção dessas empresas foram o seu interesse em participar da pesquisa e o fato de ambas serem relativamente bem organizadas.

Nessas empresas, um empreendimento, usualmente, inicia-se quando uma oportunidade de negócio é identificada. Então, a empresa compra ou negocia o terreno e, após, contrata projetistas externos para desenvolver o projeto. Em geral, a venda das unidades se inicia somente depois de começada a etapa de construção.

A variedade de produtos dessas empresas é relativamente limitada. A empresa A produz, basicamente, prédios residenciais para a classe média-alta, enquanto a empresa B oferece dois tipos de produtos: prédios comerciais e unidades residenciais para a classe média e média-baixa. Ambas as empresas permitem algumas alterações de projeto por parte dos clientes após a venda das unidades. A sua estratégia de fornecimento pode ser definida como *fit out to order* – ajustada ao pedido (CHILDERHOUSE et al., 2000). Isso significa que o cliente possui uma possibilidade de alterações de projeto limitada e, em geral, as alterações permitidas referem-se a itens de acabamento.

Os estudos de caso foram desenvolvidos em paralelo. Isso propiciou a ambas as empresas e seus projetistas a troca de idéias e experiências. O estudo reportado neste capítulo abrange o período compreendido entre abril de 1997 e maio de 1999.

## Etapas da pesquisa

Grande parte do trabalho necessário ao desenvolvimento do modelo foi conduzida por um grupo de quatro ou cinco pessoas, chamado equipe operacional. Essa equipe foi formada por representantes de diferentes setores envolvidos em projeto, incluindo o gerente de projetos, pelo menos um gerente de produção e um representante do grupo de pesquisadores, com a função de facilitador. Em ocasiões

específicas, um grupo maior de pessoas, denominado equipe ampliada, era envolvido no trabalho. A equipe ampliada era composta pela equipe operacional e por alguns projetistas externos e subempreiteiros, considerados parceiros de longo prazo da construtora.

Tipicamente, participavam da equipe ampliada pelo menos dois arquitetos, um ou dois projetistas de estruturas, e um ou dois projetistas de redes elétricas e hidrossanitárias.

O estudo de caso foi dividido em três etapas principais, descritas a seguir: (a) preparação; (b) desenvolvimento do modelo; e (c) refinamento e avaliação do modelo.

A etapa de preparação envolveu a apresentação do plano de trabalho geral aos diretores de cada empresa, bem como a definição das equipes operacional e ampliada. Uma série de reuniões com os pesquisadores e a diretoria das empresas foi conduzida objetivando apoiá-los na definição de sua visão sobre a estratégia corporativa, na qual um perfil detalhado dos clientes da empresa foi definido. Esse foi um importante pré-requisito para o desenvolvimento adequado do modelo.

Além disso, membros da equipe de desenvolvimento de produtos – diretores, gerentes de projeto e projetistas externos – foram individualmente entrevistados pelo grupo de pesquisadores. O objetivo das entrevistas foi identificar as percepções desses membros a respeito dos principais problemas existentes no processo, bem como o conteúdo e o seqüenciamento das atividades de projeto, nas quais eles eram usualmente envolvidos. Grande parte desses projetistas possuía uma visão parcial do processo e, freqüentemente, utilizou diferentes definições ou nomenclaturas quando se referia a uma mesma atividade ou produto de projeto.

Ao final desta etapa, uma definição genérica do processo de desenvolvimento do produto, conforme conduzido naquele momento, foi produzida e um grande número de possíveis melhorias foi identificado. Em julho de 1997, um seminário foi realizado em cada empresa, do qual participou a equipe operacional. Nesse seminário, o escopo da pesquisa foi discutido, e um treinamento sobre as ferramentas de modelagem a serem utilizadas foi realizado.

A etapa de desenvolvimento do modelo consistiu em duas atividades principais: (a) reuniões da equipe operacional; e (b) seminários com a equipe ampliada. A equipe operacional reunia-se de três a quatro vezes por mês, e cada reunião tinha duração média de duas horas. A sua principal tarefa foi desenvolver os elementos do modelo, ou seja, fluxogramas, procedimentos, fluxos de informações, etc. Alguns

desses elementos eram discutidos junto à equipe ampliada durante os seminários. Ainda, alguns membros da equipe ampliada eram convidados a participar de algumas das reuniões, sempre que se definiam elementos do modelo relativos a alguma especialidade de projeto.

Os seminários com a equipe ampliada ocorriam trimestralmente. Alguns envolveram a apresentação e discussão de versões do modelo, ou de suas partes, preparadas pela equipe operacional. Ainda, algumas atividades de treinamento foram desenvolvidas, como *workshops* e apresentações feitas por profissionais da área, acadêmicos e consultores.

Algumas contribuições para o desenvolvimento do modelo foram obtidas a partir de um estudo de *benchmarking*. Esse estudo envolveu a investigação de boas práticas de desenvolvimento do produto adotadas por outras construtoras no Brasil. Um consultor e seis gerentes do processo de desenvolvimento do produto de empresas, com reputação de terem um bom gerenciamento de projetos, foram entrevistados.

Três atividades gerais compuseram a definição do modelo (Figura 3). Inicialmente, uma representação gráfica do modelo através de fluxogramas foi desenvolvida.



Figura 3 – Etapas do desenvolvimento do modelo

Essa ferramenta foi escolhida, em vez daquelas mais tradicionalmente utilizadas, como o diagrama de fluxos de dados (DFD) ou IDEF0, porque o fluxograma é uma ferramenta muito simples e largamente conhecida pelos profissionais da construção. Buscando manter os fluxogramas facilmente legíveis, a informação foi organizada de forma hierárquica. Foram desenvolvidos um fluxograma geral apresentando as etapas do processo e, para cada etapa, um fluxograma de atividades. Para algumas das atividades mais complexas, fluxogramas de subatividades ou operações foram também produzidos. A Figura 4 apresenta um exemplo de fluxograma da etapa de estudo preliminar.

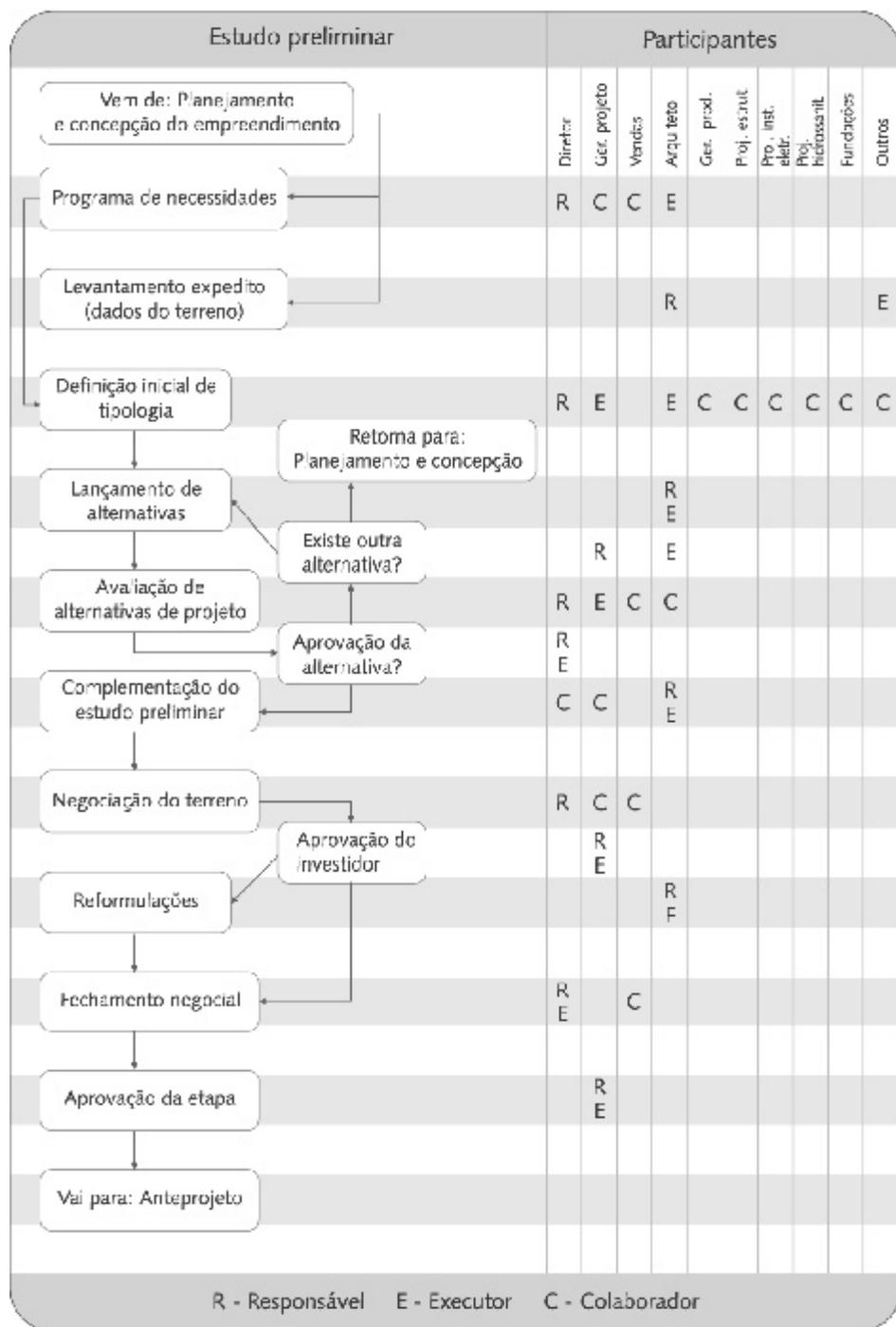


Figura 4 – Exemplo de fluxograma da etapa de estudo preliminar

Duas estratégias foram utilizadas durante a modelagem do processo para lidar com a natureza pouco definida, iterativa e oportunista do processo de projeto. A primeira consiste em manter a definição de algumas atividades em um nível não muito detalhado. Esse foi o caso da maioria das atividades de desenvolvimento de projeto propriamente ditas, como, por exemplo, o estudo preliminar de arquitetura (representado na Figura 4). Outra estratégia foi utilizar três tipos de relações de precedência entre as atividades. Além das tradicionais seqüencial e paralela, atividades interdependentes (ou em interação dinâmica) também foram utilizadas (AUSTIN et al., 1994) – ver Figura 5. Isso ocorre quando duas atividades são executadas de forma interdependente e não é recomendável modelar seus subprocessos em um nível muito detalhado, por elas serem mal definidas ou haver muita incerteza envolvida.

A segunda etapa na definição do modelo foi a representação dos fluxos de informação, através do uso de planilhas de insumo, processo e produto. Essa ferramenta foi utilizada para a descrição sistemática das principais informações de insumo e produto para cada atividade. A Figura 6 apresenta um exemplo de planilha de insumo, processo e produto para duas atividades da etapa de estudo preliminar. Usualmente, era necessário revisar os fluxogramas previamente definidos após o desenvolvimento dessas planilhas (Figura 4).

A produção da versão inicial do modelo, utilizando os fluxogramas e as planilhas de insumo, processo e produto, ocorreu por um período prolongado, e não foi muito estimulante para os participantes, em função do grande número de detalhes envolvidos, bem como pela dificuldade em alcançar consenso. Um seminário foi organizado em outubro de 1997 em cada empresa com o objetivo de apresentar e discutir essa versão do modelo junto à equipe ampliada.

Procedimentos e instruções de trabalho foram desenvolvidos para algumas das atividades de desenvolvimento de produtos – este foi o terceiro estágio da definição do modelo. Essa prática pode ser utilizada para reduzir a variabilidade de processos, sendo uma das principais idéias da administração científica. De acordo com Smith and Reinertsen (1998), procedimentos devem ser definidos somente para atividades de desenvolvimento de produtos que sejam previsíveis e relativamente bem estruturadas. Por essa razão, grande parte dos procedimentos desenvolvidos não era relativa a atividades de projeto, mas sim referentes à interface entre projeto e outros processos gerenciais, como vendas, aprovações legais e arranjos contratuais. Instruções de trabalho foram produzidas para auxiliar na execução de certas tarefas,

sendo utilizadas tanto em papel como em formato eletrônico – como, por exemplo, listas de verificação, planilhas, minutas de contratos, questionários, etc.

Os procedimentos tiveram um papel importante na definição do conteúdo detalhado dos insumos e produtos de cada atividade, bem como dos fornecedores e clientes internos de cada informação. Estes apresentam um nível de detalhe muito superior ao apresentado nas planilhas de insumo, processo e produto. Frequentemente, os fluxogramas e as planilhas de insumo, processo e produto necessitaram ser ajustados quando da definição de procedimentos, como mostra a Figura 5.

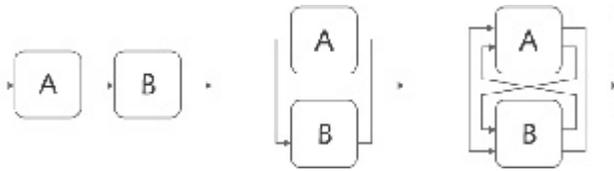


Figura 5 – Relações de precedência entre atividades sequencial, paralela e em interação dinâmica

Insumo	Processo	Produto
Programa de necessidades; Dados do terreno; Dados de <i>feedback</i> (produção e uso); Definição de equipe de projetistas; Seleção estratégica de tecnologia; Definição inicial de requisitos de performance; Informações legais.	Alternativas de projeto arquitetônico	Alternativas de estudo preliminar
Alternativas de estudo preliminar; Estimativa de custos e preço de venda.	Avaliação de alternativas	Escolha da(s) alternativa(s) a ser(em) desenvolvida(s)

Figura 6 – Exemplo de planilha de insumo, processo e produto

Foram necessários aproximadamente 14 meses para o desenvolvimento de um grupo inicial de procedimentos e instruções em cada empresa (de setembro de 1997 a novembro de 1998). Durante a definição dos procedimentos a equipe de desenvolvimento de produtos manteve-se bem mais motivada do que durante as etapas anteriores do trabalho. Isso ocorreu em função de os participantes terem mais interesse em discutir o seu trabalho em um nível mais concreto, ao invés de um nível relativamente abstrato do modelo do processo.

Em dezembro de 1998, um seminário foi desenvolvido para a discussão do trabalho desenvolvido até aquele momento junto à equipe ampliada. De janeiro a maio de 1999, os procedimentos e instruções de trabalho existentes foram refinados, e alguns novos procedimentos, desenvolvidos.

As etapas de desenvolvimento e refinamento do modelo foram sobrepostas em grande parte, à medida que cada procedimento (e a respectiva instrução de trabalho) era utilizado, logo após a consolidação de sua primeira versão. Inicialmente, uma implementação piloto era desenvolvida, através da qual melhorias eram incrementalmente introduzidas. Então, após discussões, que algumas vezes envolviam a equipe ampliada, o procedimento era finalmente aprovado pela equipe operacional e implementado permanentemente. Em maio de 1999, 36 procedimentos haviam sido desenvolvidos na empresa A e 55% deles implementados. Na empresa B, 29 procedimentos haviam sido desenvolvidos e 75% deles implementados.

A avaliação de cada modelo envolveu diversos procedimentos de coleta de dados: (a) retroalimentação da equipe ampliada durante os seminários; (b) observação da utilização dos procedimentos em cada empresa; (c) entrevistas com funcionários das empresas, membros e não-membros da equipe operacional; e (d) percepção dos pesquisadores, que tinham a função de facilitadores junto às equipes operacionais. O modelo ainda não foi suficientemente testado como base para o planejamento do processo de desenvolvimento de produtos. Esse é um passo importante para a avaliação da eficácia do modelo, que será executado no futuro.

Com base nessa avaliação, a primeira versão do modelo genérico foi desenvolvida pela equipe de pesquisadores. Ela inclui uma descrição abstrata do processo de desenvolvimento de produtos, um grupo de procedimentos e instruções de trabalho que foram implementados com sucesso e um grupo de diretrizes para a elaboração de modelos específicos para diferentes empresas. O objetivo desse modelo é servir como um guia genérico para o processo de desenvolvimento do produto, que pode ser utilizado por diferentes empresas como base para o desenvolvimento de modelos

específicos para gerenciar o desenvolvimento de diferentes projetos. O conteúdo desse modelo é detalhadamente apresentado por Tzortzopoulos (1999). Suas principais características são apresentadas a seguir.

## Descrição do modelo

### Visão geral

O processo de desenvolvimento de produtos foi dividido em sete etapas, conforme a Figura 7.

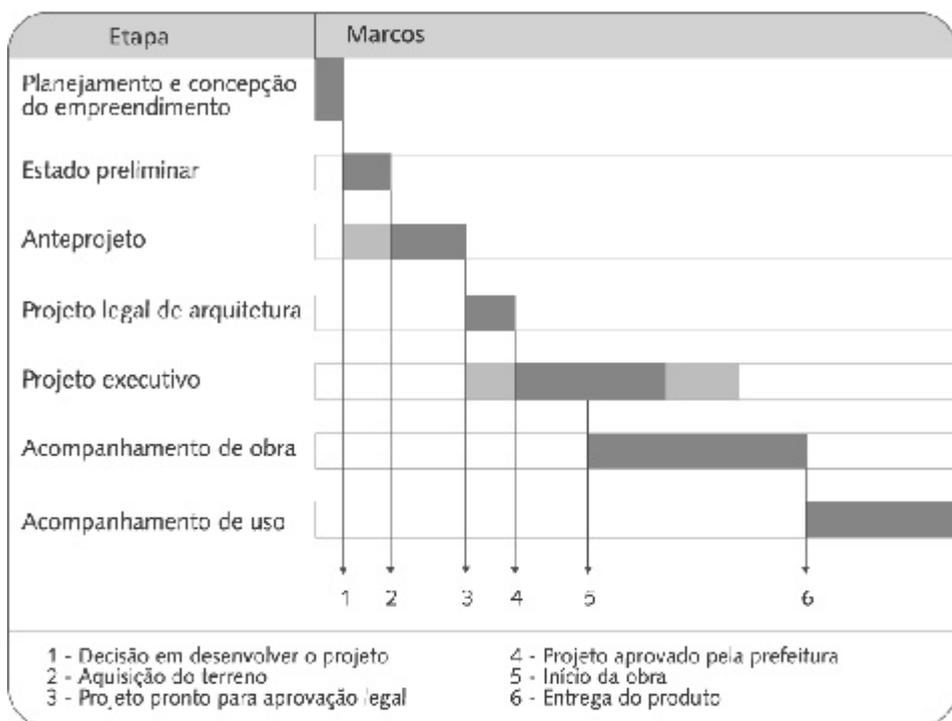


Figura 7 – Etapas do processo de desenvolvimento do produto

Apesar de existirem diferenças entre os modelos desenvolvidos em cada empresa, seus conteúdos são relativamente similares. Cada etapa é brevemente descrita a seguir.

- (a) Planejamento e concepção do empreendimento: esta etapa envolve a identificação de uma oportunidade de negócios, a definição do objetivo do empreendimento e uma avaliação geral de sua viabilidade. Em geral, envolve questões, es-

estratégias e informações de cunho confidencial, podendo ser uma etapa bastante rápida. Por essas razões, poucas pessoas são envolvidas. Com base nos objetivos do empreendimento, em informações do terreno e legais, o arquiteto produz um esquema do produto a ser desenvolvido – com frequência esse esquema é expresso por meio de um lançamento das dimensões externas da edificação e outros atributos gerais do produto, como área bruta, número de pavimentos e número de unidades. Esse é tipicamente o primeiro passo para diminuir o número de alternativas possíveis, conforme descrito por Darke (1978). A opinião de um consultor de *marketing* ou legal pode também ser considerada na definição do produto. Com base nessas informações, um estudo de viabilidade é desenvolvido, envolvendo questões econômicas, técnicas e legais. Ao final dessa etapa, a decisão em continuar ou não o desenvolvimento do produto é tomada.

(b) Estudo preliminar: o principal objetivo desta etapa é a definição do projeto arquitetônico em nível conceitual. Inicialmente, uma primeira versão do programa de necessidades é produzida e mais dados do terreno são coletados. Então, uma primeira reunião envolvendo toda a equipe de projeto e representantes da equipe de produção é realizada, na qual ocorre a definição de alternativas e parâmetros para o projeto dos sistemas estruturais, hidrossanitário e elétrico, entre outros. Com base no programa de necessidades, nos dados do terreno e nos parâmetros e diretrizes dos projetistas de sistemas prediais, o estudo preliminar arquitetônico é produzido. O estudo preliminar é então avaliado no segundo estudo de viabilidade e, caso aprovado, pode ser utilizado para negociações com o proprietário do terreno, em casos de permuta de terreno por área construída. Quando há acordo entre a construtora e o proprietário do terreno, o projeto prossegue.

(c) Anteprojeto: esta etapa, inicialmente, envolve a produção do anteprojeto de arquitetura. Após, um segundo estágio da definição dos sistemas prediais é desenvolvido pela equipe de projetistas, com a participação de representantes da equipe de produção, incluindo uma discussão inicial sobre o *layout* de obra. Então, o estudo preliminar dos projetos de sistemas prediais é desenvolvido. Com base nessas definições, uma primeira integração de projetos é efetuada. Quando todos os ajustes necessários são efetuados, uma avaliação do anteprojeto é feita, incluindo questões relacionadas à satisfação dos clientes, aprovações legais de projeto e viabilidade econômica e financeira.

(d) Projeto legal de arquitetura: esta etapa envolve a preparação das informações

e documentos necessários à aprovação legal do projeto de arquitetura, bem como a preparação para o início das vendas do empreendimento. Essas atividades são de extrema importância para o sucesso do empreendimento, à medida que possibilitam à empresa iniciar a etapa de construção e a venda das unidades.

(e) Projeto executivo: envolve um grande número de atividades, incluindo detalhamento do projeto arquitetônico e o projeto estrutural e de sistemas prediais, tanto em nível de anteprojeto como de detalhamento. Uma avaliação detalhada em termos de integração entre subsistemas precisa ser efetuada nesta etapa, antes da preparação de projetos e detalhes a serem enviados à obra. Em muitos casos, essa etapa e a etapa de produção da edificação sobrepõem-se. Como a venda de unidades ocorre ao longo desta etapa, a introdução de modificações de projeto solicitadas por clientes pode ser necessária.

(f) Acompanhamento de obra: esta etapa concerne à retroalimentação da produção para o projeto, bem como à introdução de modificações de projeto solicitadas por clientes ou pela equipe de produção. Ao final desta etapa, todas as modificações de projeto necessitam ser documentadas em desenhos do projeto como construído (*as built*).

(g) Acompanhamento de uso: envolve a obtenção de dados de retroalimentação durante o uso da edificação. Dois mecanismos são utilizados para a obtenção dessas informações: (a) avaliação pós-ocupação e (b) análise das reclamações de usuários da edificação. Essa retroalimentação tem um papel muito importante para o desenvolvimento de produtos em empresas como as envolvidas neste estudo, à medida que muitos dos seus projetos tendem a possuir características similares.

De modo geral, as três abordagens propostas por Koskela (2000) – transformação, fluxo e geração de valor – foram consideradas no desenvolvimento do modelo. Inicialmente, durante a elaboração dos fluxogramas, houve uma maior ênfase na definição de transformações (atividades que agregam valor), uma vez que não existia uma definição clara do processo. Assim que um mapa consistente do processo foi produzido, atividades de fluxo foram incluídas no modelo. Fluxos de informação foram explicitados em planilhas de insumo, processo e produto e procedimentos. Atividades de inspeção, como aprovações de etapas, também foram representadas nos fluxogramas. Esperas não foram representadas no modelo, já que é muito difícil prever quando elas podem ocorrer em função do alto grau de incerteza envolvido no processo. Essas atividades possuem um caráter diferenciado em processos gerenciais, se comparado ao processo de produção, à medida que a noção de armazenagem de

informações não é tão clara como a armazenagem de materiais físicos. Finalmente, a visão de geração de valor foi considerada através da introdução de atividades de gerenciamento dos requisitos dos clientes, como atividades de coleta de dados, listas de verificação e procedimentos de retroalimentação.

## Melhorias e limitações do modelo

Ambas as empresas decidiram formar um time de desenvolvimento dos produtos, incluindo projetistas internos e subcontratados e representantes de outros setores da empresa como produção e vendas. Os projetistas subcontratados convidados a fazer parte do time foram aqueles considerados parceiros de longo prazo da empresa. No modelo, assumiu-se que os projetistas deverão ser envolvidos em decisões do desenvolvimento de produtos desde o início do processo, na etapa de estudo preliminar. Entretanto, o envolvimento de alguns projetistas nas etapas iniciais do projeto não foi totalmente implementado pelas seguintes razões:

- (a) as empresas hesitavam em contratar toda a equipe de projeto antes da aquisição do terreno, já que até este momento existe o risco de o projeto não ser desenvolvido. Em geral, o arquiteto é formalmente contratado apenas no início da etapa de anteprojecto. Os demais projetistas são formalmente contratados apenas no início da etapa de projeto executivo, após a aprovação legal do projeto arquitetônico e o início das vendas das unidades;
- (b) alguns projetistas, como os de estruturas e instalações, não se predispõem a um forte envolvimento no projeto antes de um contrato formal ser assinado com a construtora, já que isso representa risco para o escritório de projetos caso o projeto não tenha seguimento. Eles usualmente concordam em participar de discussões e fornecer informações, quando necessário, de forma similar a um consultor;
- (c) alguns outros projetistas e subcontratados não podem colocar-se à disposição nas etapas iniciais de projetos relativamente pequenos, principalmente porque esses agentes tendem a estar sobrecarregados com trabalho considerado urgente para eles. Esse problema parece ser mais grave em empresas de pequeno porte, à medida que elas não possuem poder de barganha em relação a projetistas e subcontratados, se comparadas a empresas de grande porte.

Apesar de existir um certo grau de simultaneidade no modelo de desenvolvimento de produtos proposto, a sua abordagem é mais similar ao que Yazdani e

Holmes (1999) classificaram como modelos centralizados no projeto. Isso significa que a equipe de projeto considera os requisitos de atividades subseqüentes (por exemplo, de produção) quando define o produto, sendo necessária uma análise detalhada de projeto. Isso requer uma maior compreensão dos demais processos envolvidos, em vez de um envolvimento intenso de toda a equipe de projetistas e de produção desde as etapas iniciais. Dessa forma, o processo é parcialmente seqüencial, mas existe uma maior preocupação com as etapas subseqüentes, quando comparado com o processo seqüencial tradicional.

A divisão do processo em etapas foi baseada em marcos do processo (Figura 7). De qualquer modo, há certa sobreposição entre as etapas. Alguns marcos definem apenas a conclusão da etapa anterior ou o início da etapa subseqüente, em vez de ambos – este é o caso dos marcos 2, 3, 4, e 5, apresentados na Figura 7. A sobreposição entre o projeto executivo e o início da obra é necessária para a redução do tempo de ciclo do empreendimento, bem como em função da necessidade de prover certa flexibilidade de projeto para os clientes finais. A sobreposição entre estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo existe naturalmente, devido à estratégia de busca oportunística que existe no projeto (CROSS, 1999). Além disso, o grau de sobreposição tende a aumentar à medida que é menor a possibilidade de o empreendimento não se tornar viável, bem como nos casos em que a equipe de projetistas se propõe a desenvolver parte do projeto mesmo antes de sua contratação formal.

Isso indica a existência de um grande escopo para melhorias no desenvolvimento de produtos através do aumento do sucesso nas etapas iniciais do processo (SMITH; REINERTSEN, 1998), ou seja, planejamento e concepção do empreendimento e estudo preliminar. Caso a empresa tenha um planejamento estratégico efetivo, seja capaz de acessar de forma adequada oportunidades de negócios e os requisitos dos clientes sejam capturados de forma satisfatória, o risco do empreendimento não se tornar viável tende a diminuir. Como resultado, passa a ser mais fácil envolver projetistas e subcontratados no início do processo.

Para a maior parte dos subsistemas da edificação, foi possível a clara identificação e planejamento de três fases de projeto – projeto conceitual, desenvolvimento e detalhamento. Entretanto, em função do risco e limitações contratuais mencionadas anteriormente, é muito difícil alinhar o desenvolvimento dessas fases, ou seja, desenvolver simultaneamente os diferentes subsistemas. Por exemplo, os projetos estrutural, hidrossanitário e elétrico, em nível conceitual, são desenvolvidos na etapa

de anteprojecto, enquanto todos os demais projetos conceituais são desenvolvidos na etapa de projeto executivo.

Atividades de coleta de dados e definição de projeto foram introduzidas no processo. Apesar de elas não eliminarem a necessidade contínua de se obterem mais informações à medida que soluções de projeto sejam geradas, a introdução dessas atividades tende a melhorar o desempenho do desenvolvimento de produtos, pois a quantidade de informações disponíveis para a execução de atividades de projeto aumenta (HUOVILA et al., 1997). Como resultado, existe menos tempo de espera por informações e a necessidade de arbítrios em função de falta de informações é diminuída, o que tende a melhorar a qualidade do projeto e a reduzir a ocorrência de interações desnecessárias (BALLARD, 2000). Isso também contribui para o aumento da eficiência das atividades de coleta de dados, pois elas podem ser mais bem planejadas. Por exemplo, um procedimento foi desenvolvido para a coleta de um grande número de informações do terreno em uma única visita, em vez da usual coleta ao longo de diversas visitas.

Revisões de projeto foram introduzidas no processo como pontos de verificação e de controle de qualidade. Elas podem ser divididas em duas categorias. Primeiro, revisões completas de projeto foram estabelecidas visando a avaliar o processo sob diferentes perspectivas, como integridade das informações, satisfação dos clientes, custo, viabilidade técnica e requisitos legais. Essas revisões compõem o que foi definido por Cooper (1998) como *stage gates* (portais de etapas), nos quais a decisão em prosseguir ou não com o projeto é tomada. Usualmente, essas revisões de projeto envolvem o uso de indicadores e um grupo de (sub)produtos bem definido.

Em cada revisão, o grau de maturidade do projeto necessita ser avaliado e, tipicamente, um número de decisões de projeto não pode ser modificado depois dessa revisão. Um projeto “maturo” significa que ele foi propriamente consolidado e completo, permitindo a liberação de informações para as atividades subseqüentes (O'BRIEN; SMITH, 1994). Isso torna possível estabelecer certa linearidade no processo, evitando retornar a atividades já realizadas. Essas revisões usualmente são associadas a alguns marcos do processo (ver Figura 7), nas quais comprometimentos financeiros são feitos (SMITH; REINERTSEN, 1998): decisão de prosseguir com o projeto (marco 1), decisão de fazer uma proposta ao proprietário do terreno (marco 2), ou outro tipo de negociação comercial, e decisão de enviar o projeto para aprovação legal (marco 3).

O segundo tipo de revisão possui um escopo estritamente técnico e enfatiza principalmente a gestão da configuração da edificação (O'BRIEN; SMITH, 1994), ou seja, o esforço em integrar diferentes subsistemas. Em geral, as atividades de integração de projeto envolvem uma reunião com a equipe de projetistas, seguida da execução de ajustes, separadamente, por cada disciplina de projeto. Após, outra análise é realizada para verificar se os diferentes subsistemas estão ajustados.

Alguns procedimentos para a troca de informações eletrônicas foram desenvolvidos. Apesar disso, o modelo enfatiza a necessidade de comunicação informal entre os projetistas, sendo a ocorrência desse tipo de comunicação formalmente planejada para durante as reuniões de projeto. Ainda, apresentações de projeto para as equipes de produção e venda por parte dos projetistas foram incluídas, objetivando a clara comunicação das intenções e da filosofia do projeto.

## Impacto do modelo nas empresas

De modo geral, ambas as empresas e seus projetistas foram muito receptivos com relação aos modelos propostos, bem como interessados em participar deste projeto de pesquisa. Uma evidência disso é o fato de eles estarem engajados no desenvolvimento de estudos de caso relativamente longos e de estarem dispostos a continuar participando do refinamento futuro do modelo geral.

O impacto relativo ao desenvolvimento e implementação do modelo foi detectado durante a etapa de avaliação da pesquisa. Essa avaliação foi baseada nas percepções da equipe de desenvolvimento de produtos, bem como na observação de algumas atividades. As mais importantes melhorias detectadas até o momento foram:

- (a) todos os envolvidos compreendem o processo como um todo, seus papéis e responsabilidades, bem como as principais relações entre cliente e fornecedor interno, baseadas em uma linguagem comum. Isso aumentou a transparência do processo e simplificou a integração do trabalho dos diferentes projetistas da equipe de desenvolvimento do produtos. O uso de ferramentas de modelagem relativamente simples teve um papel fundamental nesse fato;
- (b) o fato de existir um modelo do processo estável, consensual e relativamente simples torna mais fácil a identificação das melhorias necessárias. De fato, algumas ferramentas de suporte à tomada de decisões foram desenvolvidas como parte do modelo, e o papel de cada uma no processo foi claramente estabelecido. Essas ferramentas incluem listas de verificação para a definição do projeto e

gestão da sua configuração, modelos de viabilidade econômica e financeira, indicadores de desempenho, ferramentas para identificação do perfil de potenciais consumidores, bem como procedimentos para a identificação de erros de projeto e implementação de modificações de projeto;

(c) a implementação do modelo, mesmo que parcial, aumentou o controle das empresas sobre o processo de desenvolvimento de produtos. Como resultado, as empresas melhoraram sua capacidade de identificar problemas e suas principais causas e de implementar ações corretivas em tempo real;

(d) a melhoria contínua foi sistematicamente introduzida no processo, à medida que a retroalimentação das etapas de produção e de uso da edificação foi formalmente estabelecida. Os dados coletados nessas duas etapas podem ser utilizados para a melhoria de projetos futuros e para realinhar a estratégia competitiva da empresa. É importante salientar que atividades de retroalimentação não devem ser limitadas somente a coleta de dados, mas devem também incluir procedimentos e diretrizes para classificação e avaliação de informações, bem como sua retroalimentação para as pessoas corretas;

(e) o desenvolvimento dos modelos contribuiu para estabelecer uma postura de equipe entre os participantes do processo de desenvolvimento do produto. Esse esforço também auxiliou as empresas na avaliação do grau de comprometimento e capacidade gerencial de cada projetista externo – alguns deles optaram por não participar do esforço conjunto e foram gradativamente substituídos. Dessa forma, ao final do trabalho, a equipe estava fortemente comprometida a desenvolver atividades de desenvolvimento do produto de forma integrada, como estabelecido no modelo de processo; e

(f) as empresas puderam estabelecer certo grau de flexibilidade de projeto a ser oferecido aos clientes finais sem causar problemas no sistema de produção. Ambas as empresas definiram três atividades por meio das quais os clientes podem solicitar alterações de projeto, com prazos preestabelecidos.

## Conclusões

O objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo para a gestão do processo de desenvolvimento do produto para projetos comerciais e residenciais. Esse modelo consiste em um guia genérico através do qual modelos específicos desse processo podem ser estabelecidos para a execução de diferentes projetos.

O desenvolvimento e implementação do modelo foi uma importante fonte de reflexão e discussão a respeito do processo, tanto para os pesquisadores como para os profissionais envolvidos. A principal contribuição desta pesquisa foi o fato de que o desenvolvimento e implementação do modelo contribuiu para o aumento da compreensão da natureza do processo de desenvolvimento do produto na Construção Civil e forneceu uma oportunidade para um esforço compartilhado, no sentido de consolidar um modelo desse processo. Ainda, algumas das principais barreiras para a melhoria do gerenciamento do processo de desenvolvimento de produtos em empresas de construção de pequeno porte foram identificadas e avaliadas, como, por exemplo, a necessidade de reduzir o risco envolvido em empreendimentos e o pouco poder de barganha desse tipo de empresa.

O modelo aumentou a transparência do processo e forneceu uma linguagem comum, que possibilitou a melhoria da comunicação entre os diferentes participantes do processo. Ainda, o ambiente de time criado ao longo do desenvolvimento do modelo contribuiu para o estabelecimento de parcerias de longo prazo entre os envolvidos, resultando em um maior compromisso com relação à gerência do desenvolvimento do produto.

Uma avaliação inicial do modelo foi desenvolvida, com base na percepção da equipe de desenvolvimento de produtos e na observação do uso dos procedimentos. O modelo ainda deverá ser reavaliado no futuro. É necessário empregá-lo como base para o planejamento e controle do processo de desenvolvimento de produtos, sendo esse um passo importante a ser realizado no futuro.

O modelo proposto foi utilizado também como uma ferramenta para identificar áreas para futuras pesquisas. De fato, outras pesquisas foram desenvolvidas, focando elementos específicos do modelo, como procedimentos para a troca de informações eletrônicas, gerenciamento dos requisitos dos clientes, integração de projetos e atendimento aos clientes.

## Referências bibliográficas

ALARCÓN, L. F. Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. In: \_\_\_\_\_. **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997. p. 365-377.

ANDREASEN, M. M. et al. The design co-ordination framework: key elements for effective product development. In: DUFFY, A. H. B. (Ed.). **The design productivity debate**. 1998. New York: Springer-Verlag. p. 151-172.

AUSTIN, S.; BALDWIN, A.; NEWTON, A. Manipulating the Flow of Design Information to Improve the Programming of Building Design. **Construction Management and Economics**, London: Spon, 12(5), p. 445-455, 1994.

BALLARD, G. Positive vs. negative iteration in design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton, UK: SPRU, University of Sussex, Brighton. (CD-ROM).

BOSTON, O. P. et al. Design information issues in new product development. In: DUFFY, A.H.B. (Ed.). **The design productivity debate**. New York: Springer-Verlag, 1998. p. 231-254.

CHILDERHOUSE, P.; HONG-MINH, S. M.; NAIM, M. M. **House building supply chain strategies**: selecting the right strategy to meet customer requirements. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 8., July 2000, Brighton, UK: SPRU, University of Sussex, Brighton, 2000. (CD-ROM).

COOPER, R. G. **Product leadership**: creating and launching superior new products. Massachusetts: Reading, 1998. 314 p.

CROSBY, L. A. **Measuring customer satisfaction**. [S.l.]: Quality Digest, 1995. p. 42-47.

CROSS, N. **Engineering design methods**: strategies for product design. London: Wiley, 1994. 179 p.

**Natural intelligence in design**, *Design Studies*. v. 20, Issue 1, p. 25-39, Jan..1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Editora: Elsevier.

DARKE, J. The primary generator of the design process. In: ROGERS, W. H.; ITTELSON, W. H. (Ed.) **NEW DIRECTIONS IN ENVIRONMENTAL DESIGN RESEARCH**, 9., EDRA. 1978. **Proceedings...** Washington: EDRA, 1978.

EASTMAN, C. M. On the analysis of intuitive design methods. In: MOORE, T. (Ed.). **Emerging methods for environmental design and planning**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1970.

EDEN, C.; HUXHAM C. Action research for management research. **British Journal of Management**, v. 17, 1997.

FRANKENBERGER, E.; BADKE-SCHAUB, P. Modeling design processes in industry: empirical investigation of design work in practice. **Automation in Construction**, v. 7, Issues 2-3, p. 139-155, Jan. 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Editora: Elsevier.

GOLDSCHMIDT, G. Criteria for evaluation: a process oriented paradigm. In: KALAY, Y. (Ed.). **Evaluating and predicting design performance**. New York: Willey-Interscience, 1992. p. 67-79.

HUOVILA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M. Fast or concurrent: the art of getting construction improved. In: ALARCÓN, L. F. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997. p. 143-160.

KAGIOGLOU, M. et al. Rethinking construction: the generic design and construction process protocol. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Blackwell, v. 7, Issue 2, p. 141-153, 2000.

KOSKELA, L. Application of the New Production philosophy to Construction. **Technical Report Stanford: CIFE**, Stanford University. n. 72. 1992.

\_\_\_\_\_. An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo, VTT, 2000. **VTT Publications**, 408. 296 p.

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUANPÄÄ, V. **Towards lean design management**. In: LEAN CONSTRUCTION SEMINAR, 2., São Paulo, Brasil, 1997.

LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified**. 2. ed. London: Butterworth, 1990. 243 p.

LEVIN, P.H. The design process in planning. **Town Planning**, v. 37, Issue 1, 1966.

MAFFIN, D. Engineering design models: context, theory and practice. **Journal of Engineering Design**, v. 9, Issue 4, p. 315-327, 1998. Editora: Taylor and Francis.

MARKUS, T.; ARCH, M. Optimisation by Evaluation in the Appraisal of Buildings. In: HUTTON, G. H.; DEVONAL, A. D. G. (Ed.). **Value in building**. London: Applied Science, 1973. p. 82-111.

MAZIJOGLOU, M.; SCRIVENER, S. A. R. The rich picture of design activity. **Automation in Construction**, v. 7, Issues 2-3, p. 157-175, Jan. 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Editora: Elsevier.

O'BRIEN, C.; SMITH, S. J. Design maturity. In: SYAN, C. S.; MENON, U. **Concurrent engineering: concepts, implementation and practice**. London: Chapman and Hall, 1994. p. 75-87.

PAWAR, K. S. Organizational and managerial issues. In: SYAN, C. S. ; MENON, U. **Concurrent engineering: concepts, implementation and practice**. London: Chapman and Hall, 1994. p. 49-74.

PRASAD, B.; WANG, F.; DENG, J. A concurrent workflow management process for integrated product development. **Journal of Engineering Design**, v. 9, Issue 2, p. 121-135, 1998. Editora: Taylor and Francis.

REMENYI, D. et al. **Doing research in business and management**. [S.l.]: Sage, 1998.

SMITH, R. P.; MORROW, J. A. Product development process modelling. **Design Studies**, v. 20, p. 237-261. 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Editora: Elsevier.

SMITH, P. G.; REINERTSEN, D. G. **Developing products in half the time: new rules, new tools**. [S.l.]: Van Nostrand Reinhold, 1998. 298 p.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. [S.l.]: McGraw-Hill, 1995.

YAZDANI, B.; HOLMES, C. Four models of design definition: sequential, design centered, concurrent and dynamic. **Journal of Engineering Design**, v. 10, Issue 1, p. 25-37, 1999. Editora: Taylor and Francis.

# 11.3

## Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional

José de Paula Barros Neto, Carlos Torres Formoso e Jaime Evaldo Fensterseifer

### Resumo

Algumas mudanças ocorridas nos últimos anos no ambiente de negócios fizeram com que a função produção se tornasse valorizada como uma fonte de vantagem competitiva para as empresas. Em virtude disso, a estratégia de produção passou a ser foco de diversos estudos, os quais têm buscado analisar o seu conteúdo e o processo de formulação. Existem diversos modelos de formulação propostos na literatura, porém eles foram desenvolvidos, na sua maioria, para empresas de grande porte.

A presente pesquisa teve como objetivo propor um modelo de formulação de estratégias de produção específico para pequenas empresas do segmento de construção habitacional. Esse modelo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica a respeito dos modelos propostos por outros autores e de três estudos de caso realizados em empresas construtoras e incorporadoras do Rio Grande do Sul.

Este estudo correspondeu a um dos subprojetos do projeto Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processo em Empresas de Pequeno Porte.

## Introdução

Ao longo dos anos 60, começou-se a observar que a busca incessante pelo menor custo através do aumento da produtividade proporcionado pela produção em massa (economia de escala) não era mais suficiente para manter a lucratividade e a competitividade das empresas, pois os clientes tornaram-se mais exigentes, passando a valorizar outros requisitos além dos preços dos produtos. Com o tempo, outros critérios competitivos, tais como flexibilidade, prazo e inovação, foram sendo incorporados ao contexto (BOLWIJN; KUMP, 1991). Nesse contexto, a função produção passou a cumprir um papel fundamental no atendimento desses critérios, e, com isso, despertou-se para a necessidade de analisar a tomada de decisão relativa à produção não mais exclusivamente dentro de uma perspectiva operacional e de curto prazo, mas considerando também uma abordagem estratégica, abrangente e coerente em relação à estratégia competitiva da empresa (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984).

Com essa mudança de postura em relação à produção, surgiram estudos com o objetivo de analisar o vínculo entre competitividade e desempenho da produção, fortemente baseados nas áreas de estratégia competitiva e *marketing*. Tais estudos têm se concentrado em dois grandes temas: o conteúdo das estratégias e o seu processo de formulação.

Apesar do desenvolvimento teórico e conceitual decorrente desses estudos, Adam e Swamidass (1989) e McCutcheon e Meredith (1993) defendem a necessidade de realização de mais trabalhos empíricos nesse campo de pesquisa para a validação de algumas argumentações teóricas e, igualmente, para a exploração de algumas lacunas existentes. Uma delas relaciona-se a estudos sobre o processo de formulação das estratégias de produção. Swink e Way (1995) corroboram essas afirmações sugerindo que existe necessidade de realizar trabalhos sobre formulação de estratégia de produção dentro das empresas, por meio de métodos de pesquisa qualitativos e exploratórios, pois, de acordo com seus levantamentos sobre publicações em revistas especializadas, a maioria das pesquisas empíricas existentes é baseada em *surveys*.

Observa-se também que a construção de edificações apresenta algumas características peculiares. É uma indústria altamente fragmentada, cujas tecnologias são, na sua maioria, socialmente difundidas. Faz uso intensivo de mão-de-obra, e suas fábricas (obras) têm um caráter nômade. Existe uma grande variedade de materiais e um elevado número de intervenientes, e a organização da produção está baseada numa estrutura de ofícios. Tais características a diferenciam das demais indústrias,

influenciando diretamente a natureza dos critérios competitivos e das categorias de decisão utilizados para a formulação de estratégias de produção.

Além dessas características, as empresas desse setor industrial caracterizam-se por ser de pequeno porte. Isso apresenta algumas peculiaridades que vão influenciar o processo de formulação de estratégias empreendido pelas empresas. Por exemplo, existe uma forte presença do líder que administra dentro de uma estrutura familiar e toma decisões baseado na intuição. Como consequência, as empresas adquirem uma alta flexibilidade de adaptação às mudanças conjunturais, fazendo com que se modifiquem de forma incremental.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional. Esse modelo foi proposto a partir de três estudos de caso realizados em pequenas empresas construtoras e incorporadoras do Rio Grande do Sul. Os resultados desta pesquisa são apresentados na íntegra por Barros Neto (1999).

## Conteúdo da estratégia de produção

O desenvolvimento de um modelo de formulação está diretamente ligado ao estudo tanto do conteúdo da estratégia quanto do processo de formulação. O primeiro está focado no QUE vai ser decidido, enquanto o segundo concerne a COMO tais decisões serão obtidas dentro das organizações. Como no decorrer do texto discutem-se fortemente as questões referentes ao processo de formulação, é importante se discutirem brevemente os aspectos relacionados com o conteúdo das estratégias de produção, pois cada tipo de indústria, principalmente a Construção Civil, tem peculiaridades que precisam ser consideradas no momento da formulação dessas estratégias.

O conteúdo da estratégia de produção pode ser dividido em dois tópicos: critérios competitivos, um conjunto consistente de prioridades que a empresa tem de valorizar para competir no mercado, e categorias de decisão, um conjunto consistente de decisões individuais que incidem sobre a função produção das empresas com o intuito de cooperar no atingimento dos critérios competitivos desejados. No presente trabalho, esses conceitos foram adaptados para a construção habitacional em função das peculiaridades deste setor. No Anexo A, apresenta-se o conteúdo da estratégia de produção do modelo de formulação desenvolvido nesta pesquisa. Cada um dos critérios competitivos e categorias de decisão está apresentado a seguir.

## Critérios Competitivos

**Custo:** quando o atributo valorizado pelo cliente for o preço, há duas dimensões em que a função produção pode atuar. Uma é através do menor custo e a outra, da adequação das atividades construtivas às condições do fluxo de caixa do empreendimento.

**Desempenho na entrega:** a atuação da função produção no campo de competição e prazo pode ocorrer de duas maneiras: na valorização do reduzido prazo de entrega, quando a rapidez (velocidade) de produção é priorizada; ou na garantia da entrega, quando a conclusão do empreendimento no prazo fixado (confiabilidade de entrega) é o mais importante.

**Qualidade:** o critério competitivo qualidade pode ser cumprido, nesse setor industrial, com o atendimento rigoroso das especificações de materiais e memoriais descritivos. Outra maneira de se obter um produto de boa qualidade e atender às necessidades dos clientes é através do desenvolvimento de projetos bem detalhados e compatibilizados, permitindo à função produção executar, da melhor maneira possível, o que foi determinado. Porém, há detalhes nos processos construtivos que fogem tanto do escopo dos projetos quanto das especificações, por mais minuciosos que eles sejam. Desse modo, a função produção das empresas deve estar preparada para obter uma boa qualidade de execução de seus processos construtivos. Isso pode ocorrer, por exemplo, através de treinamento da mão-de-obra, da utilização de ferramentas adequadas, de desenvolvimento de procedimentos e da racionalização da produção.

**Flexibilidade:** a flexibilidade mais evidenciada no setor da Construção Civil é a de produto que, no segmento habitacional, pode ocorrer através da oferta de edifícios com vários tipos de apartamentos ou de um apartamento padrão com algumas possibilidades de mudança na sua distribuição interna, por exemplo.

**Inovação:** este critério competitivo, na construção de edificações, fica evidente através de novas concepções arquitetônicas ou de novos materiais de construção (acompanhamento das inovações oriundas da indústria de materiais de construção e os reflexos delas na escolha dos clientes) e novas formas de construir (verificação do grau de interesse dos clientes em novos processos construtivos que proporcionem novas formas arquitetônicas, novos aproveitamentos dos espaços ou *status* diferenciado).

**Serviços:** a prestação de serviços está sendo cada vez mais valorizada pelos clientes e funcionando como um diferenciador na hora da decisão de compra. Dian-

te disso, pode-se dividir esse critério em duas dimensões: atendimento durante a execução da obra e assistência técnica. A primeira dimensão está diretamente ligada à presteza da empresa, ou seja, à rapidez, à cortesia e à competência no atendimento ao cliente durante a execução do empreendimento. A segunda relaciona-se com a prestação de serviços, pois, após a conclusão da obra e o início de utilização dos imóveis, podem surgir problemas que requeiram reparos. Esses consertos, normalmente, ficam sob a responsabilidade da função produção, que deve agir com rapidez, presteza, cordialidade e responsabilidade.

## Categorias de decisão

**Tecnologia de produção:** nesta categoria, define-se como a empresa vai executar as várias operações existentes na construção (por exemplo, alvenaria, formas, transporte de materiais, estrutura), quais serão as tecnologias de transporte vertical e horizontal utilizadas nas obras e também como introduzir novos materiais e tecnologias.

**Meios produtivos:** esta categoria abrange as decisões ligadas à definição dos tipos e quantidades dos meios físicos, técnicos e gerenciais necessários para a empresa realizar a contento as suas atividades de produção, visando a atender os seus objetivos competitivos.

**Suprimentos:** esta categoria está relacionada com o fornecimento de serviços e materiais para o setor de produção da empresa. Busca-se definir o que será desenvolvido pela empresa e o que será fornecido por terceiros, considerando que a opção escolhida deverá proporcionar a realização de atividades mais baratas, mais rápidas e de melhor qualidade.

**Força de trabalho:** as decisões inerentes a esta categoria estão diretamente ligadas às decisões de como recrutar, contratar, motivar e desenvolver a força de trabalho da função produção utilizadas nos empreendimentos da empresa, considerando as necessidades de cada um dos objetivos estratégicos.

**Controle da qualidade:** independentemente do objetivo estratégico que a empresa almeja para cada nicho de mercado em que ela atua ou pretende atuar, uma qualidade mínima dos empreendimentos precisa ser garantida, e é o que as questões referentes a esta categoria abordam, buscando definir, entre outras coisas, critérios, procedimentos e responsáveis por esse controle.

**Organização e planejamento da produção:** as decisões referentes a esta categoria referem-se a como a empresa deve organizar e planejar a produção para que

a construção de seus empreendimentos seja realizada dentro dos prazos, custos, qualidade e riscos estabelecidos.

## Análise dos modelos apresentados na literatura

Existem vários modelos de formulação de estratégias de produção propostos na literatura. Podem-se destacar os modelos propostos por Slack (1993), Platts e Gregory (1992), Voss (1992), Hill (1995), Fine e Hax (1985) e Garvin (1993). No entanto, todos são prescritivos, generalistas e desenvolvidos, na maioria das vezes, para grandes empresas de manufatura que se diferenciam substancialmente das empresas de construção habitacional de pequeno porte, conforme foi discutido acima.

A análise dos modelos desenvolvidos pelos referidos autores indica alguns pontos em comum. Todos possuem a mesma estrutura básica, buscando relacionar as necessidades de mercado com o desempenho da produção. Nessa perspectiva, as empresas trabalham dentro de um processo hierárquico de cima para baixo (*top-down*), buscando definir as oportunidades e ameaças do ambiente externo e compará-las com as potencialidades e fraquezas do ambiente interno (produção). Assim, são determinadas as ações a serem realizadas para que a produção dê suporte às vantagens competitivas da empresa. As principais diferenças entre os modelos estão relacionadas à ênfase dada por alguns autores às ligações produção-mercado (HILL, 1995; SLACK, 1993; VOSS, 1992) e por outros à operacionalização do processo de formulação (PLATTS; GREGORY, 1992; FINE; HAX, 1985; GARVIN, 1993).

Esse processo hierárquico caracteriza-se como pertencente à escola prescritiva, pelo qual se busca um alinhamento entre as estratégias competitiva e de produção. Porém, nota-se que alguns autores preocupam-se em ressaltar a necessidade de se evitar a dissociação entre formulação e implementação (PLATTS; GREGORY, 1992; FINE; HAX, 1995), enquanto outros enfatizam a importância da criatividade durante o processo de discussão (GARVIN, 1993; VOSS, 1992).

Apesar dessa forte presença da postura hierárquica de cima para baixo, dois modelos (FINE; HAX, 1995; PLATTS; GREGORY, 1992) ressaltam a importância de uma auditoria para analisar as decisões estruturais e infra-estruturais existentes na função produção das empresas e, com isso, verificar formas de melhor alinhar os dois tipos de estratégia (competitiva e de produção). Essas auditorias apontam para uma direção de valorização da análise interna da função produção, que, se for aprofundada,

poderá contribuir para se conhecerem algumas competências das empresas que poderão dar suporte, posteriormente, às suas estratégias de produção.

Assim, pode-se inferir que os modelos apresentados têm uma forte ênfase no alinhamento estratégico entre a estratégia competitiva da empresa e a sua estratégia de produção, porém alguns autores despertam, não de maneira explícita, para a necessidade de se conhecer mais profundamente a função produção das organizações antes de se formularem as suas estratégias de produção.

Observa-se também que não existe um modelo melhor que o outro e que cada um tem contribuições a serem observadas. O modelo de Slack (1993) fornece uma matriz importância-desempenho que facilita o entendimento dos critérios competitivos e direciona as decisões ligadas a eles. O modelo de Platts e Gregory (1992) mostra a importância da figura do facilitador, da realização dos *workshops* após reflexões individuais e dos questionários para comandar o processo de formulação, além de mostrar de forma explícita o cruzamento das dimensões competitivas com as categorias de decisão. Já o modelo de Fine e Hax (1985) mostra a ligação existente entre as categorias de decisão e as outras funções da empresa (compras, vendas, financeiro, etc.), a ligação explícita entre as unidades estratégicas de negócios e manufatura, e também a necessidade de definição de ações específicas e detalhadas de cada categoria de decisão, dando margem para a utilização da técnica de formulação de planos de ação 5W1H. O modelo de Hill (1995) desenvolve o conceito de critérios qualificadores e ganhadores de pedido e realça com bastante veemência a necessidade de as empresas observarem cuidadosamente o mercado ao qual pertencem quando estão desenvolvendo suas estratégias de produção. Garvin (1993), por sua vez, destaca a figura das Iniciativas Estratégicas da Produção (IEPs), do desdobramento dos critérios em dimensões e da busca de relações de causa e efeito entre as dimensões competitivas e ações. O modelo de Voss (1992) ressalta a importância da busca de causas motivadoras para dar início ao processo de formulação e também reforça a necessidade de haver um idealizador, um alavancador do processo que incentive os demais a formularem estratégias de produção.

Por fim, Platts (1993) apresenta algumas características para um processo de formulação obter êxito, entre as quais se pode destacar a necessidade de procedimentos bem definidos e de registros dos resultados do processo, e também a definição clara das estratégias de entrada nas empresas, de tal forma que elas entendam os

objetivos do trabalho e se motivem para realizá-lo.

Vale ressaltar que todos os modelos analisados subentendem que as empresas estão fortemente motivadas para formular as suas estratégias de produção. Além disso, somente o trabalho de Platts e Gregory explicita as formas de validação de seu modelo em algumas empresas. Por fim, esses modelos foram desenvolvidos para empresas de manufatura, sem referências ao porte delas. Porém, acredita-se que essas empresas sejam de médio a grande porte devido à tradição de se estudar a teoria de formulação de estratégias em empresas desse porte.

## **Contribuições teóricas para o modelo de formulação de estratégias de produção proposto**

Diante do apresentado na Seção 3 deste artigo, pôde-se definir e justificar as principais contribuições para o modelo de formulação de estratégias de produção apresentado a seguir.

Primeiramente, deve-se considerar a necessidade de se realizar um bom contato inicial com as empresas, apresentando os conceitos relacionados com a estratégia de produção, bem como mostrar-lhes as contribuições de um processo de formulação de estratégias de produção. Esse procedimento, se bem-feito, tende a facilitar o trabalho dos responsáveis pelo processo.

O outro ponto importante a ser valorizado é o uso da matriz importância-desempenho, que ajuda as empresas na visualização e priorização de seus principais problemas, pois estabelece a relação dos objetivos dos clientes com o desempenho da concorrência. Além disso, essa matriz é uma ferramenta de fácil uso por parte das empresas.

Além dessa matriz, o uso de processos de auditoria interna da função produção é também importante porque propicia o conhecimento interno das organizações, possibilitando a detecção de problemas a serem discutidos e trabalhados durante a formulação, e facilitam o desenvolvimento do processo de formulação, pois é possível identificar, entre outros aspectos, quais são as pessoas mais influentes em relação à função produção e quais são as principais características dessa função. Com isso, pode-se adaptar esse processo às peculiaridades da empresa.

Outro assunto relevante para o processo está relacionado com o uso de planilhas para armazenamento das informações e organização do processo de formulação. Essas planilhas devem ser desenvolvidas para todas as etapas do processo. Juntamente com isso, deve-se buscar utilizar ferramentas simples, como, por exemplo, a técnica de estruturação de ações 5W1H, pois ela facilita a montagem dos planos de ação e é bem conhecida por empresas envolvidas em programas da qualidade.

D a m e s m a f o r m a , d e v e m s e r r e a l i z a d o s *workshops* como fórum de discussão das percepções de cada participante, com o objetivo de facilitar o processo de definição consensual dos vários itens do processo (tais como objetivos, estratégias e ações). No entanto, deve-se também incentivar o trabalho individual de cada um dos participantes antes das plenárias, com o intuito de eles conhecerem melhor o assunto a ser discutido, tornando, portanto, a discussão mais proveitosa.

Por fim, é importante que se utilize a figura do facilitador, pois ele tem um papel fundamental no desenvolvimento do processo de formulação. Deve coordenar o encadeamento de todo processo, dirimir dúvidas dos participantes, dirigir as reuniões, motivar os participantes a expressar as suas opiniões, incentivar o pensamento mais abrangente e sistêmico, questionar as respostas de cada participante, com o objetivo de enriquecer as discussões, e buscar o consenso.

Com isso, verifica-se que existem muitas contribuições a partir da revisão bibliográfica. Porém, elas foram sendo confirmadas, negadas ou complementadas durante o desenrolar dos estudos empíricos.

## Método de pesquisa

A Figura 1 apresenta o delineamento da pesquisa, que foi iniciada com a revisão bibliográfica do estado da arte sobre o processo decisório estratégico e a estratégia de produção (conteúdo e processo). A partir disso, partiu-se para o desenvolvimento da primeira versão do modelo. Com essa versão elaborada, tentou-se trabalhar com as empresas na formulação de uma estratégia de produção. Para isso, foram preparadas algumas atividades de sensibilização das empresas que mostrassem a necessidade de se desenvolver estrategicamente a função produção de cada uma delas. Porém, as empresas não se motivaram suficientemente com os argumentos apresentados sobre a importância da estratégia de produção para a sua competitividade.

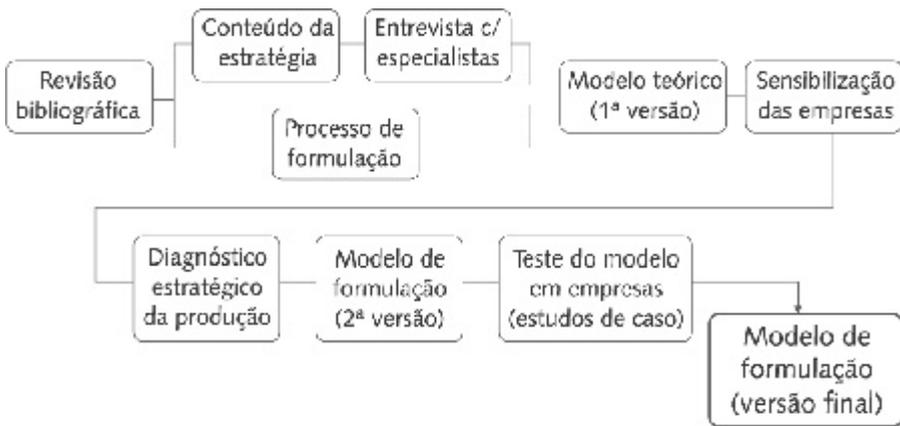


Figura 1 - Delineamento da pesquisa

Resolveu-se, então, com o intuito de motivá-las, expor os seus problemas na função produção através do desenvolvimento de um relatório aprofundado, com base em um diagnóstico estratégico. A realização desse relatório proporcionou um contato mais aprofundado do pesquisador com as empresas, e, durante a fase de levantamento de informações e elaboração do documento, percebeu-se que alguns conceitos e percepções estabelecidos precisavam ser repensados. Além disso, observou-se que a forma como se pretendia trabalhar com as empresas, ao longo do processo de formulação, precisava ser avaliada. Desse modo, percebeu-se a necessidade de elaborar uma nova versão do modelo de formulação.

Com a segunda versão elaborada, iniciou-se a fase de estudos de casos, na qual o modelo de formulação foi aplicado à realidade das empresas e, com isso, buscou-se ajustá-lo e validá-lo. Desse modo, ao final do processo de formulação, obteve-se a versão definitiva do modelo, a partir da avaliação conjunta, envolvendo tanto a equipe de pesquisa quanto os participantes do processo.

Com o objetivo de validar o processo de elaboração do modelo de formulação proposto, trabalhou-se com três pequenas empresas de construção habitacional do Rio Grande do Sul. Procurou-se analisar cada uma delas de forma abrangente, apesar de ter sido dada maior ênfase à função produção. Isso possibilitou um melhor entendimento sobre elas, aumentando também os conhecimentos da equipe de pesquisa sobre o funcionamento de cada uma delas quanto à formação de empreendimentos e incorporações e ao gerenciamento dos recursos financeiros, por exemplo. No Quadro 1, são apresentadas as principais características das empresas, porém sem referenciar seus nomes.

Critérios econômicos	Critérios técnicos	Critérios mercadológicos
Diminuição da quantidade de ferragens necessárias.	Atendimento das normas brasileiras de desempenho.	A preocupação com a estanqueidade deve ser visível e se diferenciar das janelas existentes no mercado.
Diminuição do volume de madeira em relação às janelas de madeira padrão.	Garantia da estanqueidade em relação ao ar e água.	Oferecer vão luz maior do que as janelas existentes no mercado e estar de acordo com exigências da legislação-diferencial.
Vantagens na instalação em canteiro.	Garantir a durabilidade.	A durabilidade precisa ser visível no produto.
Preço competitivo.	Garantia de desempenho mecânico adequado.	O desenho da janela deve se diferenciar das tipologias convencionais.
Possibilidade de produção em escala.	Possibilidade de apropriação do projeto por pequenas empresas.	

Quadro 1 - Caracterização das empresas participantes do diagnóstico estratégico da produção

## Modelo de formulação de estratégias de produção proposto

A Figura 2 apresenta esquematicamente o modelo de formulação de estratégias de produção proposto. Cada uma das etapas está apresentada nos itens a seguir.

### Reunião de apresentação

Dois dos pontos falhos do modelo proposto inicialmente foram a falta de um conhecimento inicial sobre os objetivos finais do trabalho de formulação e uma conseqüente falta de motivação, por parte das empresas, para se envolver no processo de formulação.

Diante disso, antes da realização de qualquer atividade referente ao processo de formulação, é preciso fazer uma reunião de apresentação do modelo, na qual se mostra o processo de formulação, detalhando cada uma de suas partes, os critérios competitivos e categorias de decisão utilizadas, e também apresentam-se as potenci-

ais contribuições que esse processo de formulação pode trazer, utilizando, para isso, exemplos de decisões estratégicas bem ou mal-sucedidas. É recomendável também a realização de atividades lúdicas, tais como jogos ou exercícios de simulação, pois elas facilitam o entendimento dos conceitos.

## Diagnóstico estratégico da produção

O processo inicia-se com o desenvolvimento do diagnóstico estratégico da função produção, que tem como objetivo analisá-la em comparação com o contexto estratégico no qual a empresa está inserida. Para isso, foi elaborado um roteiro e um conjunto de planilhas (BARROS NETO, 1999).

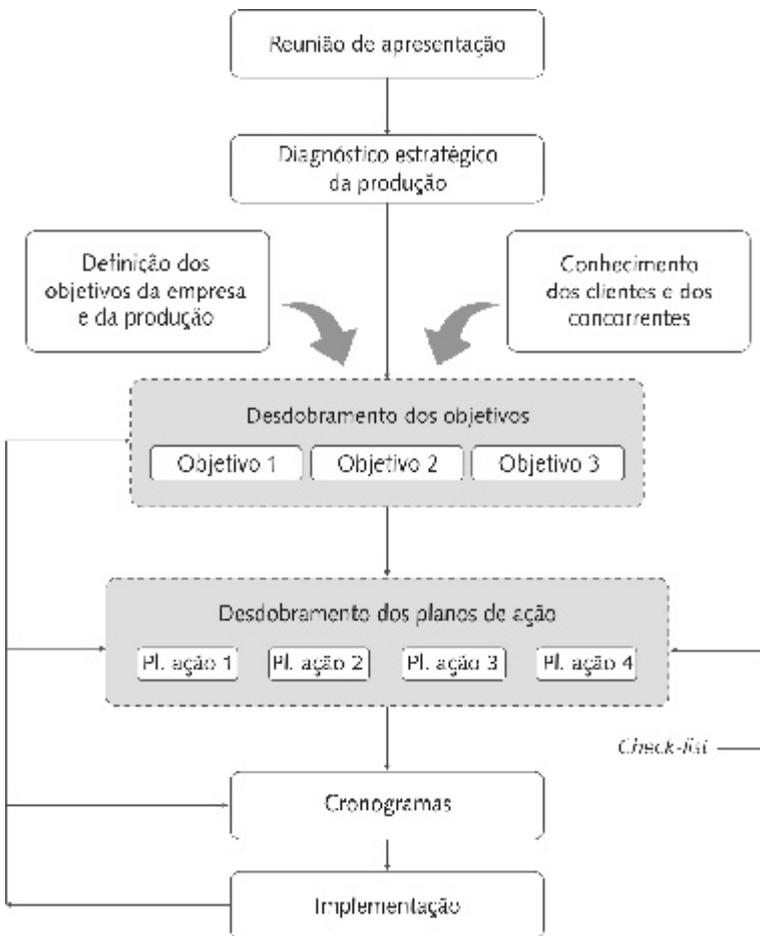


Figura 2 — Processo de formulação do modelo final

Aplicam-se também os questionamentos a respeito da importância dada pelos clientes aos critérios competitivos e do desempenho da empresa nestes critérios, em relação à concorrência. Depois, faz-se o cruzamento desses dois questionários e obtém-se a matriz importância-desempenho, desenvolvida por Slack (1993). Essa matriz deve ser elaborada para cada nicho de mercado em que a empresa trabalhe.

A partir a montagem dessa matriz, analisa-se o desempenho da função produção em relação aos critérios competitivos em pior situação dentro da matriz (localizados na zona não-apropriada ou na zona de melhoramento) e identificam-se os pontos fortes e fracos desse desempenho.

De posse do relatório final do diagnóstico, faz-se uma reunião com a cúpula da empresa para apresentação do desempenho da função produção em relação aos critérios competitivos escolhidos. Aproveita-se, então, para se discutirem os problemas da referida função anotados no relatório, selecionando os principais. Dependendo da profundidade da discussão, pode haver necessidade de mais de uma reunião.

## Definição dos objetivos da empresa e da produção

As empresas, mesmo não explicitando as suas estratégias, têm objetivos a serem perseguidos. Desse modo, antes de se iniciar o processo de definição de estratégias de produção, é importante analisar esses objetivos, pois através deles podem ser identificadas perspectivas e intenções da empresa e, com isso, analisar a sua influência sobre a função produção. Além disso, existem os objetivos que a empresa imagina para a sua função e que devem estar contemplados nesta etapa.

322

Ao final desta etapa, devem ser registrados os principais objetivos da empresa relacionados com a função produção. Nesta etapa, o facilitador deve estar consciente de que, no momento de definição dos objetivos mais importantes, pode haver disputa de poder entre grupos e pessoas da empresa. Essa é uma atividade salutar, porque propicia a discussão e questionamentos entre os membros, fornecendo também mais informações para o facilitador sobre a organização. Porém, a disputa deve ser bem gerenciada, para não gerar constrangimentos, e o facilitador deve estar preocupado com a busca de uma solução negociada ao final do processo.

## Conhecimento dos clientes e concorrentes

Juntamente com a definição dos objetivos da empresa apresentados na seção anterior, é interessante ressaltar a necessidade de se conhecerem melhor as características dos clientes e concorrentes de cada nicho de mercado para que a empresa possa se posicionar estrategicamente. Algumas informações sobre esses dois intervenientes foram obtidas a partir do preenchimento da matriz importância-desempenho utilizada no diagnóstico. Entretanto, os dados dessa matriz são muito agregados e foram obtidos sem uma discussão entre os participantes.

Por essa razão, elaborou-se um outro conjunto de planilhas para a coleta desses dados, a partir da realização de discussões. Com relação aos clientes, devem-se definir as características gerais de cada grupo e os seus principais desejos, bem como o conseqüente desdobramento (ou tradução) destes para a função produção da empresa.

No caso da análise da concorrência, as planilhas ajudam a organizar a discussão a respeito dos concorrentes, tanto diretos quanto potenciais. Também provocam questionamentos a respeito do desempenho desses dois tipos em relação à empresa.

Ao final das discussões e preenchimento das planilhas, deve-se juntar estes resultados às informações obtidas sobre os principais problemas relacionados pelo diagnóstico e sobre os objetivos da empresa e sua função produção. Com isso, deve-se fazer uma discussão entre os participantes para selecionar os principais objetivos a serem analisados durante a formulação de estratégias. Nesta fase, pode-se usar uma técnica de escolha de prioridades, caso não haja consenso entre os participantes.

Conforme indica a Figura 2, na confluência das três setas, neste ponto devem também ser definidos os critérios competitivos a serem valorizados no processo. Isso é necessário porque vários deles podem ter surgido a partir do diagnóstico, da escolha dos objetivos empresariais e do posicionamento estratégico, fazendo com que haja um conjunto de critérios relacionados com essas informações. Com isso, é preciso selecionar os principais critérios, que, por sua vez, devem estar alinhados com os objetivos escolhidos para a formulação. Os critérios selecionados devem ser lembrados constantemente para que os participantes os tenham sempre em mente.

## Desdobramentos dos objetivos

Após a seleção dos objetivos, é necessário que se analise por que eles ainda não foram implementados pela empresa. Para isso, pode-se utilizar o **fluxograma explicativo** (Anexo B), não se esquecendo de atrelar as conseqüências da obtenção desses objetivos aos critérios competitivos selecionados.

Nesta fase, os participantes, se acharem necessário, podem priorizar os objetivos a serem desdobrados em causas e conseqüências, trabalhando primeiramente aqueles que forem considerados prioritários. Depois que eles tenham sido transformados em planos de ação e estiverem em andamento, retorna-se aos outros objetivos para realizar também os seus desdobramentos. Isso se repete até que todos os objetivos selecionados tenham sido desdobrados.

## Desenvolvimento dos planos de ação

Na continuação do processo, detalham-se os planos de ação que devem ser empreendidos para que os objetivos sejam alcançados. Para facilitar a realização desta etapa, utiliza-se uma planilha, na qual se deve detalhar, entre outras informações, as ações a serem feitas, o período de realização e os responsáveis pela implementação.

Inicialmente, não se deve fazer um detalhamento muito grande desses planos de ação, sob pena de eles não serem atendidos de acordo com o previsto. Esse excesso de preciosismo pode fazer com que os participantes se preocupem mais em detalhar o plano e acompanhá-lo rigorosamente que em implementá-lo de acordo com as circunstâncias e características das empresas.

Após a elaboração dos planos de ação, deve-se submetê-los a um *check-list*, no qual se verificará se os participantes não se esqueceram de abordar algum assunto ou questão importante para a sua implantação. Caso haja algum esquecimento, volta-se ao início desta etapa e prepara-se um novo plano de ação que contemple essa lacuna. Esse *check-list* tem como referência os questionamentos inerentes a cada categoria de decisão – um exemplo está apresentado no Anexo C.

Esta também é uma fase de priorização. Primeiramente, caso os objetivos não tenham sido priorizados na etapa anterior do processo, deve-se fazê-la neste momento, escolhendo-se os principais a serem implementados, juntamente com a seqüência

de implementação. Caso já tenha havido a priorização, pode-se, então, definir os planos que serão realizados primeiro e, conseqüentemente, os que virão depois.

## Cronogramas de implementação

Para finalizar o processo de formulação, é importante que sejam definidas metas para os planos de ação em termos de duração em cronogramas. Assim, pode-se verificar o desenvolvimento das ações ao longo do tempo e, desse modo, monitorar mais facilmente a implementação.

## Análise dos estudos de casos

O Quadro 2 apresenta uma descrição geral dos três estudos de caso desenvolvidos. Inicialmente, descrevem-se os participantes, o local de realização das reuniões, a quantidade de reuniões realizadas e o número de horas utilizadas no desenvolvimento do processo de formulação. Em seguida, apresentam-se os responsáveis pelo processo na empresa, os quais tiveram as atribuições de marcar ou desmarcar as reuniões, de armazenar as planilhas e informações, de acompanhar o desenrolar do processo e de servir de referência para tirar as dúvidas dos outros componentes do grupo. Também, tem-se a definição de como os objetivos foram selecionados (se a partir do diagnóstico ou das discussões sobre objetivos da empresa e seus reflexos na função produção), juntamente com a apresentação do momento (no processo de formulação) no qual se realizaram as priorizações de objetivos. Por fim, faz-se a análise da utilização das planilhas aplicadas ao processo e do grau de detalhamento dos planos.

Cada uma das empresas apresentou peculiaridades durante o processo de formulação que merecem ser comparadas. Observa-se que o processo foi desenvolvido por, no máximo, quatro pessoas e que nele estavam envolvidos os diretores e donos das empresas. Esse é um reflexo do tamanho das empresas e mostra um ambiente não-burocratizado, pois os donos ou diretores estão, muitas vezes, envolvidos tanto com as questões administrativas da empresa quanto com as atividades operacionais. Dessa forma, as decisões tomadas durante o processo de formulação podem ser rapidamente implementadas no setor produtivo.

		EMPRESAS					
		A		C		B	
Participantes		Dois engenheiros e os dois diretores, porém, durante o processo, estes dois afastaram-se e uma arquiteta juntou-se ao grupo		Dois engenheiros (um de escritório e outro de obras) e os dois sócios e diretores, mas um deles participou apenas eventualmente		O dono da empresa e os dois diretores (administrativo e técnico)	
Local de realização das reuniões		Sede da empresa e NORIE/UFRGS (eventualmente)		Sede da empresa (duas reuniões) e plantão de vendas (restante das reuniões)		Sede da empresa	
Quantidade de reuniões		13	2 de 1h	7	1 de 6h	8	1 de 1h
			10 de 1h30		5 de 2h		3 de 2h
			1 de 2h		1 de 1h30		4 de 3h
Horas de trabalho		19		17h30		19	
Responsável na empresa		Inicialmente um dos engenheiros e depois a arquiteta		Engenheiro do escritório		Dono da empresa	
Definição dos objetivos a serem estruturados		Valorização maior dos problemas relacionados no diagnóstico estratégico		Junção dos problemas do diagnóstico estratégico com os objetivos da função produção da empresa		Valorização dos objetivos da função produção	
Período da priorização		Após a definição dos objetivos		Após a elaboração dos planos		Após a definição dos objetivos	
Planilhas	Cientes e concorrentes	Utilizados individual e coletivamente		Utilizados coletivamente		Utilizados coletivamente	
	Fluxograma	Utilizado individual e coletivamente		Utilizado coletivamente		Utilizado coletivamente	
	Checklist	Utilizado, porém sem muito interesse		Utilizado e valorizado		Utilizado e valorizado	
Grau de detalhamento dos planos		Alto (cada ação associada a um verbo)		Baixo (sem entrar muito em detalhes)		Baixo (sem entrar muito em detalhes)	

Quadro 2 — Resumo das informações dos estudos de caso

Outra constatação está relacionada com o local de realização das reuniões de formulação, pois, quando elas se realizam na própria sede da empresa, tendem a ser interrompidas sistematicamente. Desse modo, deve-se procurar realizá-las em um local onde os participantes possam se dedicar plenamente ao trabalho de formulação. Quando isso não for possível, deve-se solicitar que o trabalho seja realizado em um local da empresa onde as pessoas possam ser importunadas somente em casos de urgência. Com relação à quantidade de reuniões e ao número de horas despendidas, nota-se que a realização de sete ou oito reuniões é suficiente para o desenvolvimento do processo de formulação e que, quanto maior a concentração em um pequeno número de reuniões relativamente longas, melhor o aproveitamento do tempo. Ou seja, se as reuniões puderem ser concentradas e ter uma duração de seis horas, por exemplo, o rendimento será melhor. A utilização de um turno para o desenvolvimento da formulação também se mostrou apropriado.

O quinto aspecto está relacionado com a figura do representante, que foi selecionado em virtude de seu interesse pelo processo de formulação no decorrer do processo. No início dos trabalhos, a seleção desse representante foi realizada a partir de alguns critérios, tais como relacionamento pessoal, função exercida na empresa, indicação de terceiros, etc. Esses representantes normalmente eram pessoas mais ligadas às atividades de escritório, tipicamente no setor de planejamento ou projetos e tinham um perfil de profissional organizado e metódico.

No que diz respeito à definição dos objetivos específicos (desdobramento do objetivo geral que está relacionado com os critérios competitivos selecionados) para a função produção, não se observou a predominância dos objetivos da empresa discutidos no início do processo sobre os problemas apontados no diagnóstico ou vice-versa, pois cada empresa fez sua opção em função de uma dessas vertentes. Porém, observa-se que o mais interessante é a mistura das duas vertentes, pois os problemas estratégicos surgiram a partir da observação de um elemento externo à empresa, enquanto os objetivos são desejos dos membros da organização. Desse modo, deve-se incentivar o confronto dessas duas abordagens para se obter uma síntese dos objetivos estratégicos da função produção. Com relação ao período de priorização dentro do processo, verifica-se que duas empresas realizaram esta atividade durante a escolha dos objetivos específicos, enquanto a outra a fez somente após a elaboração dos planos de ação. Essa diferenciação ocorreu porque a equipe de pesquisadores deu a liberdade aos participantes de escolherem entre alguns objetivos, entre alguns planos, pois nos momentos da escolha era questionado se haveria priorização

ou se todos seriam desenvolvidos. Observa-se, contudo, que cada uma dessas opções tem suas vantagens, porque a primeira possibilita que se desenvolvam mais rapidamente os planos de ação, de forma a propiciar um retorno mais rápido do processo, embora seja necessário retornar posteriormente para o desenvolvimento dos outros objetivos. Por outro lado, a segunda opção faz com que se demande mais tempo na elaboração de todos os planos, mas, ao final desse processo, o conjunto deles estará definido, faltando apenas decidir quais serão os primeiros a serem implementados. Assim, sugere-se que haja liberdade de escolha durante o processo, pois somente de acordo com as circunstâncias e as características da empresa é que se poderá escolher a forma mais adequada de se priorizar.

Em relação às planilhas, observou-se que elas foram bem aceitas pelos participantes. Porém, a tentativa de trabalhar, primeiro, individualmente e, depois, em reuniões de discussões não foi uma atividade bem-sucedida, pois quase nenhum dos participantes (em todas as empresas) fazia a atividade antes das reuniões, deixando para realizá-las somente neste momento. Sendo assim, mais uma vez deve-se dar a liberdade ao facilitador de escolher a melhor maneira de trabalhar com as planilhas. Entretanto, deve-se insistir no seu preenchimento individual seguido de reuniões de discussões. Na empresa A, as discussões foram mais proveitosas quando se conseguiu que os participantes pensassem antes no assunto que seria discutido nas reuniões.

Por fim, percebe-se que duas empresas trabalharam com detalhamentos de planos mais agregados, enquanto uma os desenvolveu mais minuciosamente. A primeira opção pareceu ser a mais viável, pois define as grandes ações a serem empreendidas, ficando o detalhe delas para ser feito durante a fase de execução. Além disso, esse detalhamento minucioso demanda muito tempo e não traz muitas contribuições estratégicas. Por outro lado, o não-detalhamento vai ao encontro do que foi abordado como crítica ao formalismo exagerado do planejamento estratégico.

328

Em relação ao papel do facilitador, observou-se que os participantes não trabalhavam no desenvolvimento das tarefas se não fossem cobrados por esse elemento externo às organizações. Essa necessidade de cobrança foi reforçada várias vezes e por mais de um participante. Eles justificavam que essa postura do facilitador forçaria os participantes a mudar de atitude e a se incorporar à nova cultura. No entanto, até o final do trabalho, não se observaram muitos avanços nessa mudança cultural.

O uso do *check-list* foi bem aceito pelos participantes, que, durante a sua aplicação, referenciaram a sua profundidade e abrangência. A partir do *check-list*, obser-

vou-se que as ações, inicialmente, não foram escolhidas de acordo com as categorias de decisão (como previsto na literatura). Mas isso foi intencional para que os participantes não ficassem presos a idéias formadas e também serviu para a equipe de pesquisadores avaliar os questionamentos existentes, bem como verificar a necessidade de novos.

A utilização do fluxograma explicativo também foi positiva por facilitar a identificação das causas que dificultavam o desenvolvimento dos objetivos, organizando, por sua vez, o processo de elaboração dos planos de ação.

Teve-se oportunidade, nos estudos de caso, de acompanhar o início da implantação das estratégias nas empresas. Em virtude da defasagem do trabalho nas empresas, a mais adiantada era a empresa A, que, por conseguinte, servirá de base para esta discussão. Percebeu-se, nesta fase, que as empresas, após o processo de formulação, continuam precisando de cobrança para que ações sejam implementadas. Isso é evidenciado porque, na maioria das vezes, os participantes somente executam as tarefas quando há reunião marcada, o que indica que é recomendável um facilitador para acompanhar o desenvolvimento do processo de formulação, após a sua elaboração.

Na empresa A, observou-se o desenvolvimento dos dois planos de ação previstos inicialmente na fase de formulação. Alguns procedimentos de execução foram desenvolvidos, discutidos com os mestres de obras (houve uma reunião de discussão entre os mestres, os engenheiros e o diretor executivo) e introduzidos nos canteiros juntamente com alguns equipamentos e ferramentas para dar suporte às novas formas de execução. Até a conclusão deste trabalho, esses procedimentos estavam sendo utilizados normalmente.

As outras ações implementadas diziam respeito ao desenvolvimento de planilhas para acompanhamento de consumos de materiais, que também foram desenvolvidas, aprimoradas nas obras e que, atualmente, vêm sendo utilizadas. Porém, observou-se que o plano de ação relativamente detalhado, juntamente com o seu cronograma, não foi seguido. No início do processo de implementação, observavam-se sempre o plano de ações e os cronogramas para verificar as atividades a serem realizadas. Porém, no decorrer do processo, a observação desse plano foi sendo esquecida, e os participantes começaram a implementar as ações de acordo com as circunstâncias. Ressalta-se, no entanto, que ao final do processo o objetivo esperado tinha sido implementado. Com isso, corrobora-se a idéia de que um nível grande de detalhes não contribui muito para a melhoria do processo.

## Considerações finais

De acordo com o lado esquerdo da Figura 1, observa-se que existe a previsão de revisões periódicas de objetivos, planos de ação e cronogramas a partir dos resultados da implementação. Isso é necessário porque o processo de formulação deve ir se ajustando às circunstâncias e problemas com que a empresa vai deparando no decorrer da implementação.

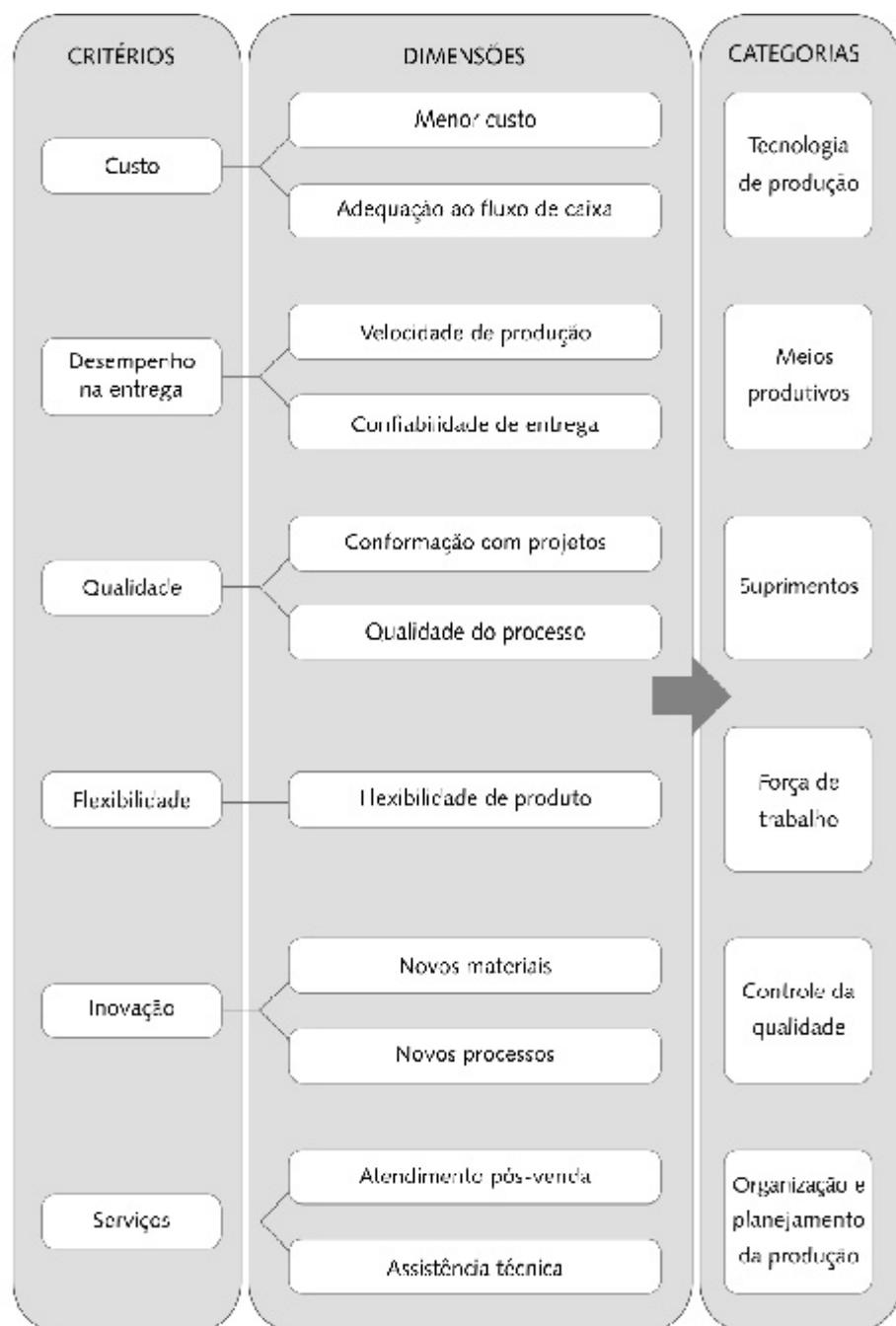
Com relação ao tempo para a formulação, observa-se no Quadro 1 que o uso de 20 horas é razoável para se desenvolverem, pelo menos, os planos de ação iniciais. Além disso, a produtividade das reuniões aumenta quando são realizadas ininterruptamente durante, no mínimo, três horas e em um local fora da sede da empresa. Deve-se salientar, porém, que a realização do diagnóstico estratégico não está incluído nessa quantidade de horas.

Outro ponto importante a ser abordado refere-se ao cuidado de sempre posicionar os participantes com relação à etapa em que eles se encontram dentro do processo. Desse modo, propicia-se um melhor entendimento do encadeamento das etapas e facilita-se a visão da melhoria que se quer atingir ao final da formulação. Ainda com relação às reuniões, os participantes devem estar cientes de que não há uma quantidade certa de reuniões nem para o processo, nem para cada uma de suas etapas. Isso ocorre porque a formulação de estratégias é baseada em discussões, e quanto mais ela for incentivada, melhor. Deve-se ter o cuidado de evitar desvios do assunto em discussão, fato muito comum nesse tipo de trabalho.

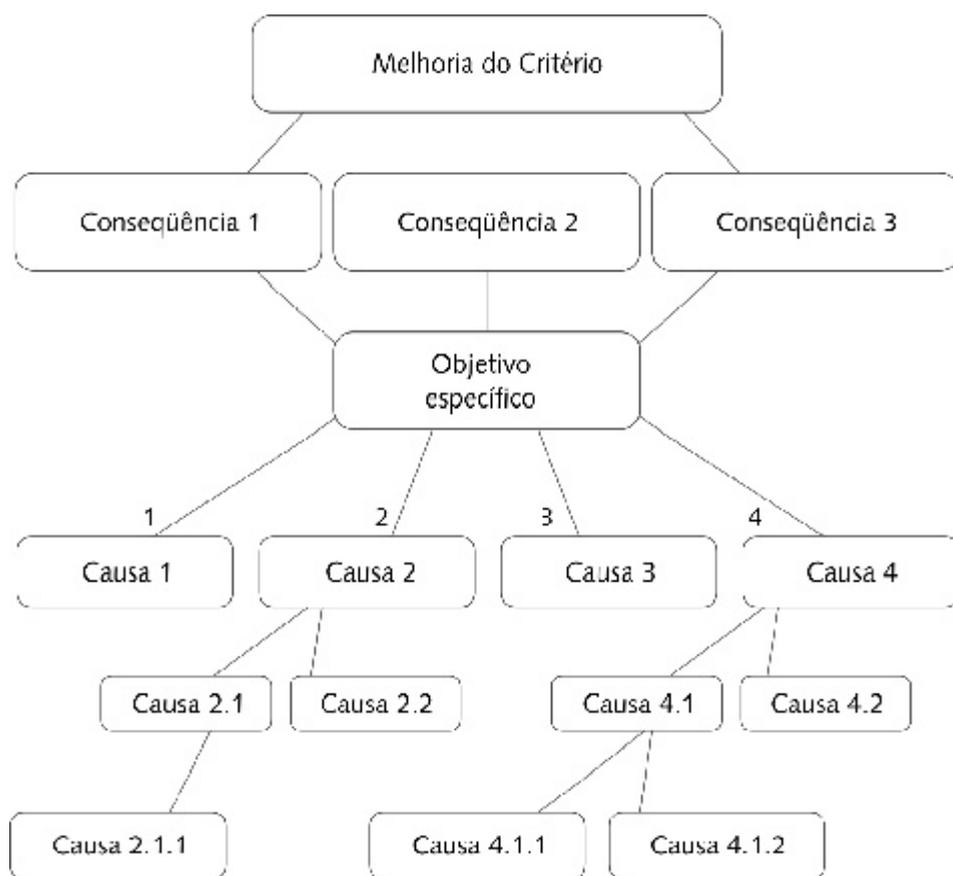
Outro cuidado que se deve ter nesse tipo de trabalho está relacionado com a necessidade de adaptação do processo às características das empresas. Ou seja, o processo esboçado na Figura 1 serve de roteiro para a formulação de estratégias. As formas de executá-lo têm de ser flexíveis e ajustadas às peculiaridades de cada empresa.

Defende-se, também, que o trabalho de formulação seja realizado pelo maior número possível de funções dentro da organização, principalmente na etapa de detalhamento de planos de ação, pois é necessário, muitas vezes, apoio de outros setores da empresa.

## ANEXO A — Conteúdo da estratégia de produção na versão final do modelo de formulação



## ANEXO B – Fluxograma explicativo para definição das causas e conseqüências do não-atingimento dos objetivos



**ANEXO C** – Exemplo de um *check-list* para avaliação das ações definidas durante o processo de formulação

CATEGORIAS DE DECISÃO	PRINCIPAIS TÓPICOS A SEREM AVALIADOS	Sim	Não	N.S.A
Tecnologia de Produção				
	Avaliar e modificar o processo construtivo?			
	Padronização dos processos construtivos?			
	Racionalização dos processos?			
	Avaliar e modificar os processos e a tecnologia de transportes existentes?			
	Introdução de novos materiais?			
	Introdução de inovações tecnológicas?			

## Referências bibliográficas

ADAM, E. E.; SWAMIDASS, P. M. Assessing operations management from a strategic perspective. **Journal of Management**, p. 181-203, 1989.

BARROS NETO, J. P. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. 1999. 346 f. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 1999.

BOLWIJN, P. T.; KUMP, T. Manufacturing in the 1990s: productivity, flexibility and innovation. **Long Range Planning**, v. 23, p. 44-57, 1991.

CROWE, T. J.; NUÑO, J. P. Deciding manufacturing priorities: flexibility, cost, quality and service. **Long Range Planning**, v. 24, p. 88-95, 1991.

FINE, Charles H.; HAX, Arnaldo C. Manufacturing Strategy: A Methodology and an Illustration. **Interfaces** 15, p. 28-46, Nov./Dec. 1985.

GARVIN, D. A. Manufacturing Strategic Planning. **California Management Review**, p. 85-106, 1993.

HAYES, R.; WHEELWRIGHT, S. **Restoring our competitive edge: competing through manufacturing**. London: John Wiley & Sons, 1984.

HILL, T. **Manufacturing Strategy: text and cases**. London: MacMillan Business, 1995.

McCUTCHEON, D. M.; MEREDITH, J. R. Conducting case study research in operations management. **Elsevier Science Publishers B. V.**, 1993.

PLATTS, K. W.; GREGORY, M. J. A. Manufacturing Audit Approach to Strategy Formulation In: VOSS, C. **Manufacturing strategy: process and contents**. [S.l.]: Chapman & Hall, 1992, cap. 3.

PLATTS, K. W. A process approach to researching manufacturing strategy. **International Journal of Operation e Production Management**, v. 13, n. 8, p. 4-17, 1993.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**: atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo: Atlas, 1993.

SWINK, K.; WAY, M. H. Manufacturing strategy: propositions, current research, renewed directions. **International Journal of operations e production management**, v. 15, n. 7, p. 4-26, 1995.

VOSS, C. A. Manufacturing strategy formulation as a process. In: VOSS, C. **Manufacturing strategy: process and contents**. [S.l.]: Chapman & Hall, 1992. cap. 6.

# 11.4

## Proposta de método para o planejamento de canteiros de obra

Tarcisio Abreu Saurin e Carlos Torres Formoso

### Resumo

**E**ste trabalho consistiu no desenvolvimento de um método para o planejamento de canteiros de obra, tratando esta atividade como um processo gerencial que envolve estudos durante a etapa de projeto e durante toda a etapa de produção da edificação. O método foi concebido a partir de um conjunto de levantamentos e estudos de caso realizados em canteiros de obra situados em sete diferentes cidades do Rio Grande do Sul. De acordo com o método proposto, o processo de planejamento envolve quatro etapas: diagnóstico, padronização, planejamento e manutenção dos canteiros. As etapas e suas interfaces são detalhadas ao longo do artigo.

336

Este estudo correspondeu a um dos subprojetos do projeto Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processo em Empresas de Pequeno Porte.

## Introdução

A indústria da Construção Civil, em especial o subsetor Edificações, é freqüentemente citada como exemplo de setor atrasado, com baixos índices de produtividade e elevados índices de desperdícios de recursos, apresentando, em geral, desempenho inferior à indústria de transformação. Um dos principais reflexos dessa situação são os altos índices de perdas de materiais, conforme constatado em estudos como os realizados por Soibelman (1993) e Pinto (1989).

A mão-de-obra da construção é com freqüência citada como a responsável por esse quadro de ineficiências, sendo comum rotular os operários de displicentes ou incapazes. Entretanto, os operários, muitas vezes, não recebem as instruções de trabalho necessárias e não dispõem dos instrumentos e materiais adequados, ou mesmo de um local em boas condições para executar suas atividades (HANDA, 1988). Assim, é uma atitude simplista culpar a mão-de-obra pelo baixo desempenho da construção, uma vez que existem diversos estudos que apontam a ausência ou insuficiência de planejamento como uma das principais causas dessa situação (LAUFER; TUCKER, 1987; SOIBELMAN, 1993).

O planejamento do canteiro tem sido um dos aspectos mais negligenciados no gerenciamento da construção, sendo as decisões tomadas à medida que os problemas surgem, no decorrer da execução (HANDA, 1988). Em conseqüência, os canteiros de obra muitas vezes deixam a desejar em termos de organização e segurança, fazendo com que, longe de criar uma imagem positiva das empresas no mercado, acabem por recomendar distância aos clientes.

Apesar de as vantagens operacionais e econômicas de um eficiente planejamento de canteiro serem mais óbvias em empreendimentos de maior porte e complexidade (RAD, 1983), é amplamente reconhecido que um estudo criterioso do *layout* e da logística do canteiro deve estar entre as primeiras ações para que sejam bem aproveitados todos os recursos materiais e humanos empregados na obra, qualquer que seja seu porte (SKOYLES; SKOYLES, 1987; TOMMELEIN, 1992; MATHEUS, 1993; SOILBELMAN, 1993; SANTOS, 1995).

Embora se reconheça que o planejamento do canteiro desempenha um papel fundamental na eficiência das operações, cumprimento de prazos, custos e qualidade da construção, os gerentes geralmente aprendem a realizar tal atividade somente

através da tentativa e erro, ao longo de muitos anos de trabalho (TOMMELEIN, 1992). Rad (1983) também identificou a inexistência de métodos definidos para o planejamento do canteiro, observando, em pesquisas com a gerentes de obra, que os planos em geral são elaborados com base na experiência, no senso comum e na adaptação de projetos passados para as situações atuais.

Considerando a necessidade de que o planejamento de canteiro siga procedimentos estruturados, este trabalho apresenta um método para o planejamento de canteiros de obra. O método é resultante da realização de levantamentos e estudos de caso em quarenta canteiros de obra de sete diferentes cidades do Rio Grande do Sul. Os estudos envolveram o diagnóstico, o planejamento e a padronização de canteiros de obra. Parte dos levantamentos e estudos é discutida mais detalhadamente na dissertação de mestrado de Saurin (1997).

## Principais conceitos

### Definição de planejamento de canteiro

O planejamento de um canteiro de obra pode ser definido como o planejamento do *layout* e da logística das suas instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O planejamento do *layout* envolve a definição do arranjo físico de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem (FRANKENFELD, 1990). De outra parte, o planejamento logístico estabelece as condições de infra-estrutura para o desenvolvimento do processo produtivo, estabelecendo, por exemplo, as condições de armazenamento e transporte de cada material, a tipologia das instalações provisórias, o mobiliário dos escritórios ou as instalações de segurança de uma serra circular. De acordo com a definição adotada, considera-se que o planejamento de assuntos de segurança no trabalho não relacionados às proteções físicas, tais como o treinamento da mão-de-obra ou as análises de riscos, não fazem parte da atividade de planejamento de canteiro. Tal delimitação deve-se à complexidade e às particularidades do planejamento da segurança.

### Objetivos do planejamento de canteiro

O processo de planejamento do canteiro visa a obter a melhor utilização do espaço físico disponível, de forma a possibilitar que homens e máquinas trabalhem

com segurança e eficiência, principalmente através da minimização das movimentações de materiais, componentes e mão-de-obra. Tommelein (1992) dividiu os múltiplos objetivos que um bom planejamento de canteiro deve atingir em duas categorias principais:

**(a) objetivos de alto nível:** promover operações eficientes e seguras e manter alta a motivação dos empregados. No que diz respeito à manutenção da motivação dos operários, destaca-se a necessidade de fornecer boas condições ambientais de trabalho, tanto em termos de conforto como de segurança do trabalho. Ainda, entre os objetivos de alto nível, pode ser acrescentado à definição de Tommelein o cuidado com o aspecto visual do canteiro, que inclui a limpeza e impacto positivo perante funcionários e clientes. Não seria exagero afirmar que um cliente, na dúvida entre dois apartamentos (de obras distintas) que o satisfaçam plenamente, decida comprar aquele do canteiro mais organizado, uma vez que isso pode induzir uma maior confiança em relação à qualidade da obra;

**(b) objetivos de baixo nível:** minimizar distâncias de transporte, minimizar tempos de movimentação de pessoal e materiais, minimizar manuseios de materiais e evitar obstruções ao movimento de materiais e equipamentos.

## Tipos de canteiros

De acordo com Illingworth (1993) os canteiros de obra podem ser enquadrados em um dos três seguintes tipos: restritos, amplos e longos, e estreitos. No Quadro 1 é caracterizado cada um desses tipos.

O primeiro tipo de canteiro (restrito) é o mais freqüente nas áreas urbanas das cidades, especialmente nas áreas centrais. Devido ao elevado custo dos terrenos nessas áreas, as edificações tendem a ocupar uma alta percentagem do terreno em busca de maximizar sua rentabilidade. Em decorrência disso, Illingworth (1993) afirma que os canteiros restritos são os que exigem mais cuidados no planejamento.

Illingworth (1993) também destaca duas regras fundamentais que sempre devem ser seguidas no planejamento de canteiros restritos:

- (a) sempre atacar primeiro a fronteira mais difícil; e
- (b) criar espaços utilizáveis no nível do térreo tão cedo quanto possível.

A primeira regra recomenda que a obra se inicie a partir da divisa mais problemática do canteiro. O principal objetivo é evitar a realização de serviços em tal divisa nas fases posteriores da execução, quando a construção de outras partes da edificação dificulta o acesso a esse local. Os motivos que podem determinar a criticalidade de uma divisa são vários, tais como a existência de um muro de arrimo, vegetação de grande porte ou um desnível acentuado.

A segunda regra aplica-se especialmente a obras nas quais o subsolo ocupa quase a totalidade do terreno, dificultando, na fase inicial da construção, a existência de um *layout* permanente. Exige-se, assim, a conclusão, tão cedo quanto possível, de espaços utilizáveis no nível do térreo, os quais possam ser aproveitados para locação de instalações provisórias e de armazenamento, com a finalidade de facilitar o acesso de veículos e pessoas, além de propiciar um caráter de longo prazo de existência para as referidas instalações.

Tipo	Descrição
1. Restritos	A construção ocupa o terreno completo ou uma alta percentagem desse. Acessos restritos.
Exemplos	Construções em áreas centrais da cidade, ampliações e reformas.
2. Amplos	A construção ocupa apenas uma parcela relativamente pequena do terreno. Há disponibilidade de acessos para veículos e de espaço para as áreas de armazenamento e acomodação de pessoal.
Exemplos	Construção de plantas industriais, conjuntos habitacionais horizontais e outras grandes obras como barragens ou usinas hidroelétricas.
3. Longos e estreitos	São restritos em apenas uma das dimensões, com possibilidade de acesso em poucos pontos do canteiro.
Exemplos	Trabalhos em estradas de ferro e rodagem, redes de gás e petróleo e alguns casos de obras de edificações em zonas urbanas.

Quadro 1 – Tipos de canteiro. Adaptado de Illingworth (1993)

## O processo de planejamento do canteiro

O planejamento do canteiro deve ser tratado como um processo gerencial como qualquer outro, incluindo ciclos de coleta de informações, tomada de decisões, avaliação das ações implementadas e retroalimentação do processo. É sob essa ótica que foi elaborado o método apresentado neste trabalho, o qual considera a existência de quatro etapas para o planejamento de canteiros:

- (a) diagnóstico de canteiros de obra existentes;
- (b) padronização das instalações e dos procedimentos de planejamento;
- (c) planejamento do canteiro de obra propriamente dito; e
- (d) manutenção da organização dos canteiros, baseando-se na aplicação dos princípios dos programas 5S.

## Diagnóstico

### Ferramentas utilizadas

O diagnóstico dos canteiros de obra existentes deve ser a primeira atividade executada em um programa de melhorias na área, uma vez que são gerados subsídios para a realização das etapas de padronização e planejamento. O método de diagnóstico proposto consiste na aplicação conjunta de três ferramentas: uma lista de verificação (*checklist*), elaboração de croqui do *layout* e registro fotográfico.

### Lista de verificação

A lista de verificação é a mais abrangente das ferramentas e permite uma ampla análise qualitativa do canteiro, no âmbito da logística e do *layout*, segundo os seus três principais enfoques: instalações provisórias, segurança no trabalho e movimentação e armazenamento de materiais (MAM).

Cada um desses três grupos envolve diversos elementos do canteiro. Um elemento do canteiro é definido como qualquer aspecto da logística, no âmbito dos três grupos, que mereça atenção no planejamento, podendo ser tanto um refeitório, quanto o elevador de carga ou o armazenamento de cimento. Todos os elementos devem satisfazer certos requisitos ou padrões mínimos de qualidade para o desempenho satisfatório de suas funções.

Os requisitos de qualidade de cada elemento foram definidos a partir da con-

sulta a várias fontes: normas sobre armazenamento de materiais e segurança na obra (respectivamente, NBR 12655 e NR-18), um inventário de melhorias de qualidade e produtividade na Construção Civil (SCARDOELLI et al., 1994), um manual sobre segurança em canteiros (ROUSSELET; FALCÃO, 1988), além de requisitos definidos a partir de sugestões de profissionais com experiência na área e daqueles decorrentes de noções básicas de *layout* e logística.

Os requisitos foram definidos da forma mais objetiva possível, tentando-se, assim, possibilitar a verificação visual da sua existência ou não, dispensando medições, consultas a outras pessoas ou a projetos da obra. Para ilustrar o que foi exposto, são mostrados na Figura 1 exemplos dos requisitos de qualidade que a lista define para o elemento elevador de carga.

	Sim	Não	Não se aplica
B12 - Elevador de carga			
B12.1 - A torre do guincho é revestida com tela			
B12.2 - As rampas de acesso à torre são dotadas de guarda-corpos e rodapés, sendo planas ou ascendentes no sentido da torre (NR-18)			

Figura 1 – Exemplo de requisitos definidos no *checklist*

A visita ao canteiro para aplicação da lista deve ser feita sem pressa, tendo em vista o extenso rol de itens (128) e a atenção requerida para a correta compreensão do conteúdo da lista e o seu preenchimento. Contudo, tais exigências não impedem que a aplicação demande pouco tempo, variando com o porte da obra e com a experiência do aplicador no uso da ferramenta. A partir de estudos realizados, pode-se estimar o tempo para aplicação da lista em torno de uma hora, para edificações de porte médio (quatro a oito pavimentos).

Caso o aplicador não seja funcionário da empresa ou não trabalhe na obra em questão, é imprescindível que, na ocasião da visita ou com antecedência, explique-se ao mestre-de-obras ou engenheiro da obra os objetivos do levantamento e os procedimentos para a coleta de dados.

Embora a lista destine-se a uma análise qualitativa dos canteiros, o resultado dela pode ser expresso quantitativamente por uma nota. É possível atribuir uma nota

para todo o canteiro e uma nota para cada grupo, sendo a nota global do canteiro a média aritmética das notas dos grupos. A existência de notas fornece parâmetros para a comparação entre diferentes canteiros e propicia a formação de valores para *benchmarking*.

O sistema de pontuação adotado estabelece que cada requisito de qualidade, de qualquer elemento, possui valor igual a 1 ponto. O item recebe o ponto caso esteja assinalada a opção *sim*. Na lista, existe uma tabela, ao final de cada grupo, onde devem ser anotados os pontos obtidos (PO), os pontos possíveis (PP) e a nota do grupo, a qual é a relação entre PO e PP. Os pontos obtidos correspondem ao total de itens com avaliação positiva, enquanto os pontos possíveis correspondem ao total de itens com avaliação positiva ou negativa. Para fins de atribuição da nota, são desconsiderados os itens marcados com *não se aplica*.

Já a nota global do canteiro é calculada pela média aritmética das notas dos três grupos. Embora esta nota possa ser calculada, seu significado para a análise do desempenho do canteiro é secundário, se comparado ao significado das notas dos grupos. As notas dos grupos são mais úteis por agregar somente o desempenho de elementos semelhantes do canteiro, devendo, por isso, ser priorizadas na comparação de diferentes canteiros.

Qualquer empresa que utilizar a lista como uma ferramenta de controle, pode estabelecer o seu próprio sistema de pontuação, baseando-se na realidade de seus canteiros e nas suas prioridades estratégicas. Entretanto, se a empresa deseja comparar o seu desempenho com o de um concorrente ou com a média do setor, é necessário optar por um sistema comum de pontuação. É nesse contexto que se insere a ferramenta proposta, pretendendo-se que ela seja utilizada na comparação de diferentes obras e empresas.

Especialmente no grupo segurança, o número de requisitos não aplicáveis pode variar significativamente conforme a fase da obra e o tipo de transporte vertical utilizado (por exemplo, grua ou guincho), podendo distorcer a comparação entre diferentes obras. Desse modo, não é lógica, por exemplo, a comparação pura e simples das notas obtidas por um canteiro na fase de infra-estrutura e outro na fase de execução da estrutura e alvenarias, embora a lista possa ser aplicada em ambas as obras.

A lista já foi aplicada em canteiros de obras de diversas cidades. A Figura 2 apresenta as notas médias resultantes da aplicação da lista em um grupo de 40 can-

teiros de obra, situados em sete cidades do Rio Grande do Sul. O cálculo das notas obedeceu aos critérios explicados anteriormente.

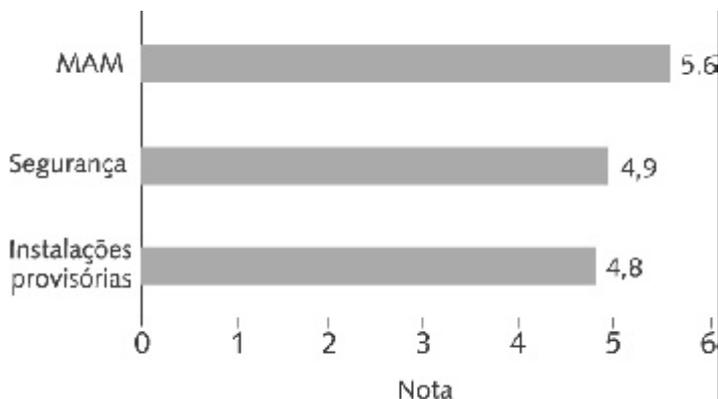


Figura 2 – Resultados da aplicação do *checklist* em 40 canteiros no RS

Os canteiros analisados pertencem a 28 empresas construtoras de pequeno porte envolvidas há alguns anos na implantação de ações de melhorias, seja por meio de parcerias com universidades, com o SEBRAE, por certificação com base nas normas da série ISO 9000, por consultorias ou mesmo de forma autônoma. Com base nessas características, pode-se considerar que as empresas se destacam positivamente no setor em termos de avanços gerenciais e tecnológicos, representando exemplos das melhores práticas dessa natureza no Rio Grande do Sul.

Dos 40 canteiros onde se aplicou o *checklist*, 20 são da Região Metropolitana de Porto Alegre, incluindo as cidades de Canoas, Novo Hamburgo e São Leopoldo, e 20 são de cidades do interior do Rio Grande do Sul, divididos entre Santa Maria, Passo Fundo e Santa Rosa. Deve ser enfatizado que a amostra de canteiros não é estatisticamente representativa dos canteiros de obra das cidades analisadas. Os canteiros são todos de obras de edificações de múltiplos pavimentos, residenciais ou comerciais, podendo ser considerados restritos em sua maioria, de acordo com a classificação apresentada.

## Elaboração do croqui do *layout*

A análise da(s) planta(s) de *layout* é útil para a identificação de problemas relacionados ao arranjo físico propriamente dito e permite observar, por exemplo, a localização equivocada de alguma instalação ou o excesso de cruzamentos de fluxo em determinada área.

A necessidade dessa ferramenta surge do fato de a grande maioria dos canteiros não possuir uma planta de *layout*, situação que acaba obrigando a elaboração de um croqui na própria obra, durante a visita de diagnóstico. Considerando essa necessidade, são apresentadas a seguir algumas diretrizes para a elaboração de croquis do *layout* do canteiro. Tais diretrizes também são aplicáveis à elaboração das plantas de *layout*.

Inicialmente, recomenda-se desenhar croquis de todos os pavimentos necessários à perfeita compreensão do *layout* (subsolo, térreo e pavimento tipo, por exemplo). Sugere-se utilizar folha A4 e consultar o projeto arquitetônico, disponível no próprio escritório da obra. Nos canteiros convencionais, uma aproximação da escala 1:200 será suficiente, não sendo, porém, necessária muita rigidez na transferência de escala. Nos croquis, devem constar no mínimo os seguintes itens:

- (a) definição aproximada do perímetro dos pavimentos, diferenciando áreas fechadas e abertas;
- (b) localização de pilares e outras estruturas que interfiram na circulação de materiais ou pessoas;
- (c) portões de entrada no canteiro (pessoas e veículos) e acesso coberto para clientes;
- (d) localização de árvores que restrinjam ou interfiram na circulação de materiais ou pessoas, inclusive na calçada;
- (e) localização das instalações provisórias (banheiros, escritório, refeitório, etc.), inclusive plantão de vendas;
- (f) todos os locais de armazenamento de materiais, inclusive depósito de entulho;
- (g) localização da calha ou tubo para remoção de entulho;
- (h) localização da betoneira, grua, guincho e guincheiro, incluindo a especificação do(s) lado(s) pelo(s) qual(is) se fazem as cargas no guincho;
- (i) localização do elevador de passageiros;
- (j) localização das centrais de carpintaria e aço;
- (l) pontos de içamento de formas e armaduras;
- (m) localização de passarelas, rampas e/ou escadas provisórias com indicação aproximada do desnível; e
- (n) linhas de fluxo principais.

## Registro fotográfico

Na apresentação dos resultados do diagnóstico, é interessante incluir documentação visual da situação encontrada, podendo ser utilizadas tanto filmagens quanto

fotografias. Uma vez no canteiro, é comum que o observador fique em dúvida sobre o que fotografar e, em conseqüência, deixe de registrar problemas importantes. Para evitar essa situação, foi elaborada uma listagem dos principais pontos do canteiro que devem ser fotografados, escolhidos com base na sua importância logística e pelo fato de serem tradicionais focos de problemas. A listagem é composta por 13 itens:

- (a) armazenamento de areia;
- (b) armazenamento de tijolos;
- (c) armazenamento de cimento;
- (d) entulho (em depósito ou não);
- (e) condições do terreno por onde circulam caminhões;
- (f) refeitório, vestiários e banheiros com as respectivas instalações;
- (g) detalhamento do sistema construtivo das instalações provisórias;
- (h) fechamento de poços de elevadores;
- (i) corrimãos provisórios de escadas;
- (j) sistema de fixação das treliças das bandejas salva-vidas na edificação;
- (l) acesso ao guincho nos pavimentos;
- (m) proteção contra quedas no perímetro dos pavimentos; e
- (n) sistema de drenagem.

Na reunião de apresentação dos resultados do diagnóstico, as fotografias podem desempenhar um importante papel como instrumento de apoio à argumentação, visto que constituem um registro indiscutível da realidade observada. O relatório pode incluir ao lado de cada fotografia de uma situação negativa uma outra fotografia, a qual mostre um exemplo de solução para a deficiência encontrada. Se possível, os exemplos positivos devem ser de outras obras da empresa, indicando a disponibilização fácil das soluções.

## Padronização

### Justificativa para a padronização

Em meio às diversas práticas gerenciais, cujo uso se disseminou no movimento pela qualidade total, a padronização destaca-se como uma das mais importantes e mais eficazes, podendo trazer uma série de benefícios à empresa, facilitando as atividades de planejamento, controle e execução.

Contudo, a padronização não é uma prática a ser utilizada indiscriminadamente, fazendo-se necessário um estudo criterioso da sua real necessidade e profundidade de implantação. Assim, as empresas que trabalham com diversos tipos de obras, em diferentes regiões, devem avaliar quais são os serviços e procedimentos comuns passíveis de padronização, adotando padrões somente para eles.

Pode haver variações significativas nas instalações de canteiro, conforme o tipo de obra. Um prédio de apartamentos, um conjunto habitacional, uma estrada, uma usina hidroelétrica ou uma planta industrial podem apresentar canteiros tão distintos quanto as tecnologias empregadas. Desse modo, a padronização deve ser encarada como uma prática mais recomendada para empresas que constroem obras com tipologia e tecnologia semelhantes, como é o caso da grande maioria das construtoras e incorporadoras de edificações.

Conforme Maia et al. (1994), entre os principais critérios para determinar quais os processos a serem padronizados na construção de edifícios devem estar a sua importância em termos de custo e o seu grau de repetição. A padronização das instalações de canteiro é fortemente justificada e recomendada pelo segundo critério (repetição), pois qualquer obra, independentemente do porte ou tecnologia, necessita de tais instalações. Para empresas que constroem obras com características semelhantes, a repetição assume um caráter ainda mais forte, existindo a possibilidade de as instalações de canteiro serem praticamente idênticas em todas as obras, respeitadas as particularidades intrínsecas ao *layout* de cada canteiro. Especificamente no que diz respeito às instalações de canteiro, a padronização pode trazer os seguintes benefícios:

- (a) diminuição das perdas de materiais, como decorrência do reaproveitamento, da melhor qualidade e da utilização mínima de componentes nas instalações (somente o especificado pelo padrão, nada mais);
- (b) facilidade para o planejamento do *layout* dos novos canteiros, pois muitos dos padrões são dados necessários à realização da atividade;
- (c) contribuição para a formação de uma imagem da empresa no mercado, lembrando que a qualidade do padrão é o fator que determina se essa imagem é positiva ou negativa;
- (d) conformidade com os requisitos da NR-18, evitando multas e prevenindo acidentes;
- (e) possibilidade de elaboração de um modelo básico de Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho (PCMAT) a partir dos padrões estabelecidos. Dessa forma, o PCMAT refletirá a realidade da empresa, ao contrário do que aconte-

ceria se a sua elaboração não considerasse as reais práticas (padrões) da empresa;  
e

(f) estabelecimento da base a partir da qual o processo de introdução de melhorias nos canteiros é implantado.

Apesar desses benefícios potenciais, são poucas as empresas que possuem seus canteiros padronizados. Durante o já citado diagnóstico junto a 40 canteiros no Rio Grande do Sul, foi constatado o pouco uso da padronização e observadas as seguintes práticas:

(a) as melhorias existentes em um canteiro não eram estendidas aos demais, ainda que tratassem de instalações simples, como o uso de dosadores de água ou depósitos para entulho;

(b) a improvisação e a falta de uma estratégia definida acerca da tipologia das instalações provisórias era visível, não existindo nenhum documento que registrasse o sistema utilizado pela empresa. Desse modo, detectava-se o uso, dentro da mesma empresa, de diferentes sistemas em chapas de compensado ou o uso não criterioso de sistemas em alvenaria e compensado; e

(c) as instalações de segurança também eram improvisadas, salientando-se itens como os corrimãos provisórios de escadas, proteção no poço do elevador e andaimes. Algumas dessas instalações, como os guarda-corpos do poço do elevador, eram indevidamente retiradas pelos operários para uso em outros locais da obra, o que, em parte, se devia ao caráter precário das instalações.

## Etapas da padronização

A padronização dos canteiros pode ser normalmente realizada em um período que varia de dois a três meses, incluindo quatro etapas: diagnóstico, reuniões do grupo de padronização, elaboração do manual de padrões e elaboração do plano de implantação e controle.

O **diagnóstico** deve envolver, de preferência, todas as obras da empresa, conforme discutido no item anterior. Tendo em vista a padronização, o diagnóstico deve atingir os seguintes objetivos:

(a) identificar padrões já existentes e padrões novos que necessitarão ser elaborados;

(b) identificar as deficiências mais frequentes e graves nos canteiros, as quais poderão ter seus respectivos novos padrões priorizados para implantação; e

(c) justificar a necessidade do trabalho de padronização e demonstrar a importância do planejamento do canteiro, a partir do relato dos problemas detectados.

No fechamento da etapa, deve ser feita uma reunião, contando com a presença de mestres, engenheiros de obra e diretores, em que sejam apresentadas e discutidas as conclusões do diagnóstico, além de sugeridas soluções para os problemas encontrados. Nessa reunião, também devem ser definidos os participantes do grupo de padronização e quais instalações serão padronizadas. Esse grupo não deve ter um número excessivo de participantes (seis pessoas é um bom limite máximo) e deve envolver engenheiros, mestres-de-obra e técnicos em segurança. É fundamental que um ou mais dos componentes do grupo detenha poder de decisão dentro da empresa, de forma que, com base nos recursos e necessidades dela, seja dada agilidade às decisões, facilitando o processo de implantação do padrão estabelecido.

Reunião	Assuntos
1	Apresentação dos resultados do diagnóstico e apresentação do cronograma ao grupo de trabalho
2	Sistema construtivo das instalações provisórias, tapumes e placa da empresa
3	Portão para veículos, portão para pessoas, acesso coberto, guarita do vigia, escritório, almoxarifado, refeitório
4	Vestiário, instalações sanitárias, escadas permanentes, rampas e escadas provisórias, escadas de mão, aberturas no piso
5	Poço do elevador, proteção periférica, sinalização de segurança, EPI e uniforme, instalações elétricas, caixa de capacetes para visitantes
6	Bandejas salva-vidas, andaimes suspensos, proteção contra incêndio, elevador de carga, serra circular, elevador de passageiros, vias de circulação, entulho
7	Produção de argamassa, armazenamentos de cimento, agregados, blocos cerâmicos, armaduras, tubos de PVC e eletrodutos, planejamento de layout, programa de avaliação da organização do canteiro
8	Entrega do manual ao grupo e elaboração do plano de implantação e controle

Quadro 2 – Exemplo de programação das etapas de padronização de canteiros

Desde a primeira reunião de padronização, já devem ser definidos um coordenador e um responsável pela redação preliminar dos padrões estabelecidos, os quais deverão também elaborar o manual de padronização no seu formato final. Ao coordenador do grupo caberá conduzir as reuniões a partir de uma listagem dos itens a serem discutidos. O Quadro 2 apresenta um exemplo de programação das reuniões de padronização, incluindo uma sugestão de itens a serem abordados. As reuniões geralmente têm duração de uma hora a uma hora e trinta minutos, e recomenda-se que sejam realizadas semanalmente.

A definição dos padrões deve considerar basicamente quatro fatores:

- (a) a capacitação técnica e financeira da empresa, de modo a se planejarem padrões viáveis de implantação;
- (b) a estratégia de produção (mesmo que ela só exista de forma implícita), de modo que os padrões sejam coerentes com as prioridades e objetivos estratégicos da empresa. Por exemplo, se a empresa visa a reduzir custos com transporte de materiais, pode ser interessante padronizar o uso de *pallets* no transporte de blocos e cimento;
- (c) *benchmarks*, os quais serão úteis para a elaboração de padrões novos e revisão dos já existentes; e
- (d) os requisitos da NR-18, para padronização das instalações de segurança e áreas de vivência.

Em relação à elaboração do manual, os padrões devem ser concebidos assumindo-se que eles têm caráter evolutivo, isto é, eles podem e devem ser alterados quando for viável implantar uma solução mais eficiente que a atual. Como decorrência das inevitáveis alterações, não é recomendável elaborar um manual único com todos os padrões, sendo mais interessante desagregá-los em diversos manuais particulares. Uma sugestão é agrupar os padrões em nove manuais, conforme a proposta apresentada abaixo:

- (a) sistema construtivo das instalações provisórias;
- (b) instalações provisórias – acessos à obra: tapumes, placa da empresa, portão para pessoas, portão para veículos, acesso coberto;
- (c) instalações provisórias – áreas de vivência e de apoio: plantão de vendas, guarita do vigia, escritório, almoxarifado, refeitório, vestiário e instalações sanitárias;
- (d) segurança na obra – proteções contra quedas de altura: escadas, escadas de mão, poços de elevadores, proteção contra queda na periferia dos pavimentos,

aberturas no piso, bandejas salva-vidas, andaimes suspensos, elevador de passageiros;

(e) segurança na obra – elevador de carga;

(f) segurança na obra – instalações complementares: sinalização de segurança, EPIs e uniforme, caixa de capacetes para visitantes, instalações elétricas, proteção contra incêndio, serra circular;

(g) movimentação e armazenagem de materiais: vias de circulação, entulho, produção de argamassa e concreto, armazenamentos de cimento, agregados, blocos, aço e tubos de PVC;

(h) planejamento de *layout*: envolve diretrizes para dimensionamento e locação das instalações de canteiro; e

(i) manutenção da organização dos canteiros: programa 5S.

A redação dos padrões deve ser em linguagem simples e objetiva, priorizando-se a colocação de figuras. Também deve ser observada a necessidade de padronização da própria documentação, ou seja, de seus cabeçalhos, rodapés, caracteres alfanuméricos e capas. Caso a empresa já possua certificação com base nas normas da série ISO 9000, ou deseje obtê-la, os padrões dos canteiros devem adotar a hierarquia e formato da documentação da qualidade da empresa. Uma alternativa simples para a apresentação dos padrões consiste na redação deles sob a forma de *checklists*, que apenas referenciem as páginas do manual nas quais podem ser encontradas as figuras necessárias à sua interpretação.

Após o término da elaboração dos manuais, faz-se necessário estabelecer um plano de implantação e controle dos padrões. Tal plano pode ser elaborado utilizando-se da técnica do 5W2H (o quê, quem, quando, onde, por quê, como, quanto custa), respondendo a cada uma das sete questões para os padrões considerados prioritários. Além do plano de ação, outras medidas podem ser adotadas para facilitar a disseminação, implantação e controle dos padrões:

(a) realizar reuniões de treinamento com mestres, engenheiros e encarregados não participantes do grupo de padronização. Tais reuniões têm os objetivos de divulgar o plano de implantação, explicar o conteúdo dos manuais e esclarecer aspectos técnicos de cada padrão;

(b) avaliar periodicamente a aplicação dos padrões em todas as obras da empresa. Essa tarefa pode ser feita utilizando-se *checklists* correspondentes aos padrões de cada manual;

(c) alterar os manuais sempre que algum padrão for modificado.

## Planejamento do canteiro

### Etapas do planejamento de canteiro

O planejamento de canteiro deve ser realizado por meio de um procedimento sistematizado, que compreende cinco etapas básicas:

(a) **Análise preliminar:** esta etapa envolve a coleta e a análise de dados, sendo fundamental para a execução qualificada e ágil das demais etapas. A não-realização completa e antecipada da análise preliminar pode provocar interrupções e atrasos durante as etapas posteriores, visto que faltarão as informações necessárias para a tomada de decisões. As empresas que possuem suas instalações de canteiro padronizadas realizarão com maior facilidade esta etapa, uma vez que boa parte das informações requeridas estão prontamente disponíveis. As principais informações que devem ser coletadas nesta etapa são as seguintes:

· **Programa de necessidades do canteiro:** devem ser listadas todas as instalações de canteiro que deverão ser locadas, estimando-se a área aproximada necessária para cada uma delas. Para tanto, recomenda-se o uso de um *checklist* como o apresentado na Figura 3.

· **Informações sobre o terreno e o entorno da obra:** devem estar disponíveis informações tais como a localização de árvores na calçada e dentro do terreno, preexistência de rede de esgoto, passagem de rede de alta tensão em frente ao prédio, desníveis do terreno, rua de trânsito menos intenso caso o terreno seja de esquina, etc. Mesmo que essas informações estejam representadas nas plantas dos vários projetos, é recomendável a conferência *in loco*;

· **Definições técnicas da obra:** devem estar definidas as principais tecnologias construtivas adotadas, a fim de que se possam estimar os espaços necessários para a circulação, estocagem de materiais e áreas de produção. São exemplos de definições dessa natureza o tipo de estrutura (concreto usinado, pré-moldados, estrutura de aço, etc.), tipo de argamassa (ensacada, pré-misturada ou feita na obra), tipo de bloco de alvenaria ou de revestimento de fachadas;

· **Cronograma de mão-de-obra:** deve ser estimado o número de operários no canteiro para três fases básicas do *layout*, ou seja, para a etapa inicial da obra, a etapa de pico máximo de pessoal e a etapa final ou de desmobilização do canteiro;

Instalações provisórias - áreas de vivência e de apoio	OK	Dimensões estimadas
a - Quarto do funcionário residente		
b - Escritório		
c - Almojarifado da empresa		
d - Almojarifado dos empreiteiros		
e - Refeitório		
f - Vestiário		
g - Área de lazer		
h - Instalações sanitárias		
i - Bebedouros		
j - Acesso coberto para pessoas		
k - Portão de veículos		
l - Portão para pessoas		
m - Plantão de vendas		
Instalações de movimentação e armazenamento de materiais	OK	Dimensões estimadas
a - Elevador de carga (guincho) e posto do guincheiro		
b - Grua		
c - Betoneira		
d - Baía de areia		
e - Baía de brita		
f - Baía de argamassa pré-misturada		
g - Estoque de cimento		
h - Estoque de blocos		
i - Estoque de armaduras		
j - Estoque de tubos de PVC		
k - Estoque de gesso		
l - Caçamba ou baía para entulho		
m - Central de carpintaria		
n - Central de aço		

Figura 3 – Lista de verificação para pré-dimensionamento das instalações de canteiro

· **Cronograma físico da obra:** a elaboração do cronograma de *layout* requer a consulta ao cronograma físico da obra, uma vez que é normal a existência de interferências entre ambos. Embora o cronograma físico original possa sofrer pequenas alterações para viabilizar um *layout* mais eficiente, deve-se, na medida do possível, procurar tirar proveito da programação estabelecida sem alterá-la. Entretanto, são comuns situações que exigem, por exemplo, o retardamento da execução de trechos de paredes, rampas ou lajes para viabilizar a implantação do canteiro. Além dessas análises de atrasos ou adiantamento de serviços, o estudo do cronograma físico permite a coleta de outras informações importantes para o estudo do *layout*. São exemplos a verificação da possibilidade de que certos materiais não venham a ser estocados, simultaneamente, com outros (blocos e areia, por exemplo), o prazo de liberação de áreas da obra passíveis de uso por instalações de canteiro, prazo de início da alvenaria (para reservar área de estocagem de blocos), etc.; e

· **Consulta ao orçamento:** com base no levantamento dos quantitativos de materiais e no cronograma físico, podem ser estimadas as áreas máximas de estoque para os principais materiais;

(b) **Arranjo físico geral:** a etapa de definição do arranjo físico geral, também denominado macro-*layout*, envolve o estabelecimento do local em que cada área do canteiro (instalação ou grupo de instalações) irá situar-se, devendo ser estudado o posicionamento relativo entre as diversas áreas. Nessa etapa, por exemplo, define-se, de forma aproximada, a localização das áreas de vivência, áreas de apoio (escritório e almoxarifado) e da área do posto de produção de argamassa;

(c) **Arranjo físico detalhado:** envolve o detalhamento do arranjo físico geral, ou a definição do micro-*layout*, no qual é estabelecida a localização de cada equipamento ou instalação dentro de cada área do canteiro. Nesta etapa define-se, por exemplo, a localização de cada instalação dentro das áreas de vivência, ou seja, definem-se as posições relativas entre vestiário, refeitório e banheiro, com as respectivas posições de portas e janelas;

(d) **Detalhamento das instalações:** definido o arranjo físico do canteiro, faz-se necessário planejar a infra-estrutura necessária ao funcionamento das instalações. Dessa forma, com base nos padrões da empresa, devem ser estabelecidos, por exemplo, a quantidade e tipos de mesas e cadeiras nos refeitórios, quantidades e tipos de armários nos vestiários, técnicas de armazenamento de cada material, tipo de pavimentação das vias de circulação de materiais e pessoas, local e forma

de fixação das plataformas de proteção, etc.;

(e) **Cronograma de implantação:** esse cronograma deve apresentar graficamente o seqüenciamento das fases de *layout*, além de explicitar as fases ou eventos da execução da obra (concretagem de uma laje, por exemplo) que determinam uma alteração no *layout*. O cronograma é útil para a divulgação do planejamento, para a programação da alocação de recursos aos trabalhos de implantação do canteiro, e, ainda, para o acompanhamento da implantação, facilitando a identificação e análise de eventuais atrasos. A Figura 4 apresenta um exemplo de cronograma de *layout*.

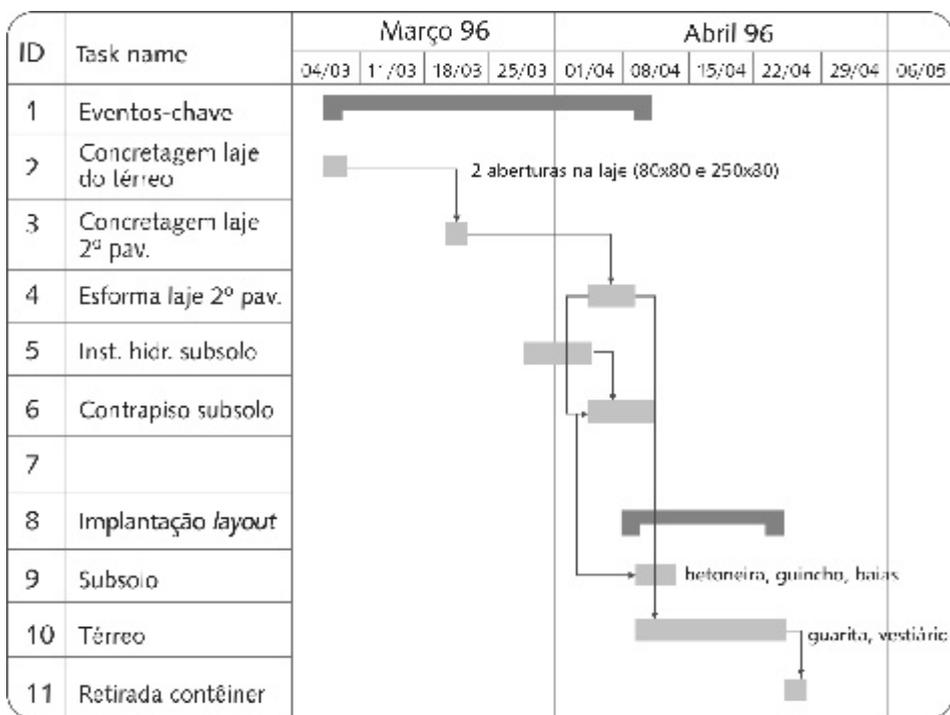


Figura 4 – Exemplo de cronograma de *layout*

### Quando planejar o canteiro?

O *layout* deve ser estudado a partir do momento em que estiver disponível o anteprojeto arquitetônico do edifício. Contudo, nessa etapa, ainda não há necessidade de dimensionar e locar com precisão as instalações.

A consideração do *layout* já nessa etapa tem como principal objetivo permitir que, na medida do possível, no projeto arquitetônico e nos projetos complementares possam ser consideradas as necessidades do projeto do canteiro de obra. Tal prática tende a evitar que o projeto do canteiro seja, como ocorre muitas vezes, uma mera consequência das restrições impostas nos projetos executivos.

Obviamente, as interferências do canteiro nos outros projetos não irão implicar mudanças radicais na concepção inicial dos projetos. Embora as mudanças devam se limitar a intervenções de pequeno impacto, elas podem ser fundamentais para a viabilização de um *layout* eficaz. Entre os assuntos que podem ser objeto de intervenção podem ser citadas a largura, ou o dimensionamento, de uma rampa para passagem de caminhões ou a execução de um detalhe na fachada para a colocação de uma grua.

Esse *layout* definido antes do início da obra deve apresentar o arranjo do canteiro para três fases básicas: etapa inicial da obra, etapa de pico máximo de pessoal e etapa final ou de desmobilização do canteiro. Ao longo da execução da obra, tal planejamento necessitará ser constantemente atualizado, em decorrência do caráter dinâmico das obras. Considera-se que o melhor mecanismo para viabilizar a atualização é a integração do planejamento de *layout* ao processo de planejamento e controle da produção (PCP). A partir da análise dos planos de produção, torna-se possível antecipar fatos que podem implicar ajustes no *layout* inicialmente estabelecido. São exemplos a chegada de novos materiais no canteiro ou o ingresso de novas equipes. Tendo em vista a necessidade de integração, é importante que o processo de PCP seja hierarquizado, por exemplo, em níveis de longo, médio e curto prazo de planejamento (FORMOSO et al., 1999). Estudos conduzidos por Alves (2000) indicaram que a atualização do *layout* do canteiro pode ser feita de modo mais eficiente por meio da integração com o nível de médio prazo de planejamento da produção, para o qual quatro ou cinco semanas são horizontes de planejamento típicos. Com tal horizonte, geralmente não há dificuldades em providenciar os eventuais rearranjos de espaço no canteiro.

## Quem deve executar o planejamento do canteiro?

O planejamento do canteiro deve preferencialmente ser coordenado pelo gerente técnico da obra. Além de esse, é fundamental a participação do mestre-de-obras e de representantes dos empreiteiros. Caso o estudo seja feito ainda durante a etapa de anteprojeto, deve ser elaborada uma planta de anteprojeto do canteiro para

ser encaminhada a todos os projetistas, a fim de que todos verifiquem a existência de eventuais interferências em seus projetos.

## Programa de manutenção da organização do canteiro

É comum que exista, entre os profissionais da Construção Civil, a percepção de que canteiros de obra são locais sujos e desorganizados, características determinadas pela natureza do processo produtivo e pela baixa qualificação da mão-de-obra. Os diagnósticos realizados nos 40 canteiros de obra confirmaram que, na maior parte dessas obras, a desorganização dos canteiros realmente corrobora essa percepção. Entretanto, algumas obras mostraram-se significativamente superiores às demais em termos de limpeza e organização. A causa identificada para essa melhor situação foi a existência, nessas empresas, de programas de envolvimento dos funcionários com a gestão do canteiro. Tais programas, por meio de treinamento, colocação de metas, avaliação de desempenho e premiações, conscientizavam e estimulavam os trabalhadores a manter a obra limpa e organizada.

Esses programas têm como base os princípios dos programas 5S, os quais visam a criar nas organizações um ambiente propício à implantação de programas de qualidade, por meio do desenvolvimento de cinco práticas ou senso nos indivíduos: descarte (*seiri*), ordem (*seiton*), limpeza (*seiso*), asseio (*seiketsu*) e disciplina (*shitsuke*) (OSADA, 1992).

A primeira prática, o **descarte**, tem como princípio identificar materiais ou objetos que são desnecessários no local de trabalho e encaminhá-los ao descarte, retirando-os do canteiro de obra. Além de liberar áreas do canteiro, o descarte pode resultar em benefícios financeiros através da venda dos materiais.

A segunda prática, a **organização**, visa a estabelecer lugares certos para todos os objetos, diminuindo o tempo de busca por eles. A implementação da prática pode se dar por meio de comunicação visual e padronização. A definição de lugares certos para cada documento no escritório, o etiquetamento de prateleiras de materiais no almoxarifado ou o uso de uma cor diferente nos capacetes dos visitantes são exemplos de meios de desenvolver essa prática.

A terceira prática, a **limpeza**, visa, além de tornar mais agradável o ambiente de trabalho, a melhorar a imagem da empresa perante clientes e funcionários e facilitar a manutenção dos equipamentos e ferramentas. Um local mais limpo é mais

transparente, permite a identificação visual de problemas e facilita o acesso aos equipamentos.

A quarta prática, o **asseio**, tem como objetivos conscientizar os trabalhadores acerca da importância de manter a higiene individual, assim como de manter condições ambientais de trabalho satisfatórias, tais como os níveis de ruído, iluminação e de temperatura. A última prática, a da **disciplina**, visa a desenvolver a responsabilidade individual e a iniciativa dos trabalhadores, podendo ser desenvolvida com treinamento. Esta prática pode ser medida, por exemplo, por meio dos níveis de utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI).

Diversas empresas de construção têm implantado programas de manutenção da organização dos canteiros com base nesses princípios, porém, em muitos casos, sem a utilização do termo 5S (é comum o programa SOL – segurança, organização e limpeza) e sem um estudo mais aprofundado de suas recomendações de implantação, o que tem limitado sua eficiência. Tratando especificamente da aplicação do programa 5S à organização dos canteiros, sugerem-se as seguintes diretrizes para implantação:

- (a) **definir critérios objetivos de avaliação:** devem ser listados os itens do canteiro a ser avaliados, e estabelecidos os critérios de avaliação para cada item. Na avaliação da limpeza do canteiro, por exemplo, poderia ser utilizado um *checklist* semelhante ao apresentado abaixo:

	Sim	Não	Não se aplica
1 - As paredes dos barracos estão limpas, sem restos de argamassa ou qualquer tipo de sujeira visível			
2 - Inexiste água empoçada em locais de circulação			
3 - Os banheiros estão limpos e não exalam mau cheiro para as instalações vizinhas			

Figura 5 – Exemplo de *checklist* para avaliação da limpeza do canteiro

É necessário observar que os critérios de avaliação devem ser alterados na medida em que já estiverem incorporados à rotina do canteiro, sendo substituídos

por critérios novos ou mais exigentes. Considerando-se que os resultados da avaliação de diferentes itens devem ser expressos sob uma unidade comum de medida, a nota atribuída ao item *limpeza*, com base na aplicação do *checklist*, pode ser enquadrada em faixas de desempenho, representadas por cores, conforme o exemplo abaixo:

- nota de 0 a 5 = faixa vermelha;
- nota de 5,1 a 8,0 = faixa amarela;
- nota de 8,1 a 10,0 = faixa verde.

Da mesma forma que nesse exemplo, qualquer outro critério de avaliação poderia ter seu resultado adaptado às faixas apresentadas. O item de avaliação *reclamações de vizinhos*, por exemplo, poderia ter critérios estabelecendo que, em uma dada semana, situar-se-ia na faixa verde caso não houvesse reclamação, situar-se-ia na faixa amarela caso houvesse uma reclamação, e na faixa vermelha caso houvesse mais de uma;

(b) **estabelecer avaliadores e periodicidade de avaliação:** a avaliação não deve ser feita unicamente por alguém diretamente interessado no seu resultado, tal como o mestre, os operários ou o engenheiro da obra. Assim, é recomendável que, além da participação de membros internos à obra, exista também um avaliador externo, como, por exemplo, outro engenheiro da empresa ou um consultor. Quanto à periodicidade de avaliação, a prática mais comum é a avaliação semanal, podendo ou não ter dia e horário prefixados. O fato de não haver um dia preestabelecido é normalmente vantajoso, uma vez que evita a organização circunstancial do canteiro;

(c) **estabelecer sistema de premiação:** devem ser tomados alguns cuidados na definição da premiação, uma vez que ela constitui importante fator de motivação dos funcionários envolvidos no programa. Inicialmente, deve-se estabelecer se a premiação (e não a avaliação) será individual ou coletiva. Recomenda-se que a definição da premiação seja feita em conjunto com os trabalhadores, podendo ser alterada no decorrer do tempo. Outro assunto importante é o estabelecimento do patamar de desempenho necessário para receber a premiação. Nesse sentido, sugere-se a definição de um limite mínimo de desempenho, acima do qual todas as obras da empresa serão premiadas, mesmo que alguma obra se sobressaia às demais. Um sistema de concorrência entre obras poderia ser utilizado paralelamente a esse, dando um prêmio adicional para a melhor obra. Contudo, o uso

exclusivo do sistema de concorrência não é recomendável, já que poderia ocorrer favorecimento de obras com determinadas características ou fases de execução mais fáceis de serem gerenciadas;

(d) **forma de expressar os resultados:** o resultado da avaliação assim como os seus itens e critérios devem ser expressos no canteiro da forma mais transparente e objetiva possível, de modo que todos os trabalhadores possam compreender seu significado. A Figura 6 apresenta uma boa prática de divulgação dos resultados do programa 5S, adotando-se faixas de desempenho representadas por cartões coloridos.

5S TRABALHANDO COM QUALIDADE					
MÊS JULHO					
ITEM	1ª SEM	2ª SEM	3ª SEM	4ª SEM	5ª SEM
LIMPEZA DA OBRA	●	●	●	●	
SOLICITAÇÃO DE VIZINHOS	●	●	●	●	
CONSERVAÇÃO DE FERRAMENTAS	●	●	●	●	
CONSERVAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E MOTOR	●	●	●	●	
CONSERVAÇÃO CALÇADA, TAPUME	●	●	●	●	
RECOLHIMENTO DE MATERIAIS	●	●	●	●	
DESPERDÍCIO DE MATERIAIS	●	●	●	●	
USO EPI E UNIFORMES-SELF	●	●	●	●	
USO EPI E UNIFORMES-EMPREIT.	●	●	●	●	
ACIDENTES DO TRABALHO	●	●	●	●	
TOTAL DE PONTOS NA SEMANA	25	25	28	28	
QUAL DE PONTOS NO MÊS CAMPEÃO DO MÊS NÚMERO DE DIAS SEM ACIDENTES DE TRABALHO					
● VERMELHO - 0 PONTO ● AMARELO - 1 PONTO ● VERDE - 3 PONTOS					

Figura 6 – Exemplo de quadro de apresentação de resultados do programa 5S de fácil compreensão

## Considerações finais

Este artigo apresentou um método para o planejamento de canteiros de obra cujo desenvolvimento compreende quatro etapas: diagnóstico, padronização, planejamento e manutenção de canteiros de obra. A etapa de diagnóstico indica os pontos fortes e fracos dos canteiros existentes na empresa, servindo de base para as etapas de padronização e planejamento. Na etapa de padronização, são documentados os padrões das instalações de canteiro e os procedimentos de planejamento. A partir do diagnóstico e dos padrões, são planejados *layout* e a logística de novos canteiros. Diretrizes detalhadas para tal planejamento podem ser encontradas no trabalho de Saurin (1997). Implementado o *layout*, um programa baseado nos princípios dos programas 5S visa a manter a organização e limpeza dos canteiros. Os resultados da avaliação de manutenção retroalimentam o processo, gerando informações para o refinamento do planejamento.

## Referências bibliográficas

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras**: proposta baseada em estudos de caso. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, CPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Preparo, controle e recebimento de concreto. Rio de Janeiro, 1992.

FRANKENFELD, N. **Produtividade**. Rio de Janeiro: CNI, 1990. (Manuais CNI).

FUNDACENTRO. **Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção: NR-18**. Brasília, 1999.

HANDA, V.; LANG, B. Construction site planning. **Construction Canada**, v. 85, n. 5, p. 43-49, 1988.

FORMOSO, C. T. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. São Paulo: SINDUSCON/SP, 1999.

ILLINGWORTH, J. R. **Construction: methods and planning**. London: E & FN Spon, 1993.

LAUFER, A.; TUCKER, R. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, v. 5, p. 243-266, 1987.

362

MAIA, M. A. et al. Sistema de padronização para execução de edifícios com participação dos operários. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, n. 15, p. 39-53, 1994.

MATHEUS, M. F. L. **The knowledge-use level: an approach to construction site layout**. 1993. Dissertation (M.Sc.) - University of Salford, Salford, 1993.

OSADA, T. **Housekeeping, 5S's**: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke. São Paulo: Instituto IMAM, 1992.

PINTO, T. P. **Perdas de materiais em processos construtivos convencionais**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, 1989. 33 p.

RAD, P. F. The layout of temporary construction facilities. **Cost Engineering**, v. 25, n. 2, p. 19-26, 1983.

ROUSSELET, E.; FALCÃO, C. **A segurança na obra: manual técnico de segurança do trabalho em edificações prediais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Senai, 1988.

SANTOS, A. **Método alternativo de intervenção em obras de edifícios enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, CPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 1995.

SAURIN, T.A. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obras de edificações**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, CPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 1997.

SCARDOELLI, L. et al. **Melhorias de qualidade e produtividade: iniciativas de empresas de construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1994. 280 p.

SKOYLES, E. R.; SKOYLES, J. **Waste prevention on site**. London: Mitchell, 1987.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e controle**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, CPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 1993.

TOMMELEIN, I. D. Construction site layout using blackboard reasoning with layered knowledge. In: ALLEN, Robert H. (Ed.). **Expert systems for civil engineers: knowledge representation**. New York: ASCE, 1992. 287 p. Cap. 10, p. 214-258.

# 11.5

## Implementação de um modelo de planejamento e controle da produção em empresas de construção

Maurício Moreira e Silva Bernardes e Carlos Torres Formoso

### Resumo

O presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção, assim como a proposição de diretrizes para a sua implementação.

Esse modelo constitui-se no principal produto do subprojeto 5 do projeto intitulado Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processos em Pequenas Empresas, denominado Intervenção no Sistema de Planejamento e Controle da Produção de Empresas de Construção.

A construção do modelo foi baseada numa série de estudos empíricos envolvendo dez empresas de construção do Rio Grande do Sul, nos quais foram envolvidos cinco mestrandos e um doutorando do NORIE/UFRGS.

### Introdução

O planejamento e controle da produção cumpre um papel fundamental para que seja alcançado êxito na coordenação entre as várias entidades participantes de

um empreendimento (LAUFER; TUCKER 1987; SINK; TUTTLE, 1993). Mesmo diante dessa importância, observa-se que o planejamento vem sendo desenvolvido de maneira deficiente na maioria das empresas de construção. As principais razões para tal fato são as seguintes:

- a) o planejamento da produção normalmente não é encarado como processo gerencial, mas como o resultado da aplicação de uma ou mais técnicas de preparação de planos, que, em geral, utilizam informações pouco consistentes ou baseadas somente na experiência e intuição de gerentes de produção (LAUFER; TUCKER, 1987);
- b) o controle não é realizado de maneira proativa e, geralmente, é baseado na troca de informações verbais entre o engenheiro e o mestre-de-obras, visando a um curto prazo de execução, e sem vínculo com o plano de longo prazo, resultando, muitas vezes, na utilização ineficiente de recursos (FORMOSO, 1991);
- c) o planejamento e controle da produção (PCP) em outras indústrias é focado, em geral, em unidades de produção, diferentemente do que ocorre na indústria de construção, na qual está dirigido principalmente ao controle do empreendimento, que busca apenas acompanhar o desempenho global e o cumprimento de contratos (BALLARD; HOWELL, 1997);
- d) a incerteza inerente ao processo de construção é freqüentemente negligenciada, não sendo realizadas ações no sentido de reduzi-la ou de eliminar seus efeitos nocivos (COHENCA et al., 1989);
- e) com freqüência, existem falhas na implementação de sistemas computacionais para planejamento, por vezes adquiridos e inseridos em um ambiente organizacional, sem antes haver a identificação das necessidades de informações de seus usuários (LAUFER; TUCKER, 1987). Em geral, sem essa identificação, os sistemas produzem um grande número de dados irrelevantes ou desnecessários (LAUFER; TUCKER, 1987), que, normalmente, indicam, apenas, desvios das metas planejadas com as executadas e não as causas que provocaram tal desvio (SANVIDO; PAULSON, 1992); e
- f) existem dificuldades de mudar as práticas profissionais dos funcionários envolvidos com o planejamento, principalmente devido à formação obtida por eles em cursos de graduação (LAUFER; TUCKER, 1987; OGLESBY et al., 1989). Em geral, esses cursos focalizam, apenas, técnicas de preparação de planos, negligenciando as demais etapas do processo, como a coleta de informações e a difusão dos planos, por exemplo (LAUFER; TUCKER, 1987).

Em suma, percebe-se que o processo de planejamento e controle da produção é extremamente importante para o desempenho da empresa de construção e que, normalmente, não é conduzido de forma a explorar todas as suas potencialidades.

## Processo de planejamento e controle da produção

Planejamento pode ser definido como o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle (FORMOSO, 1991). Esse processo pode ser representado por duas dimensões básicas (LAUFER; TUCKER, 1987): horizontal e vertical. A primeira refere-se às etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado, e a segunda a como essas etapas são vinculadas entre os diferentes níveis gerenciais de uma organização.

A dimensão horizontal do processo de planejamento, representada esquematicamente na Figura 1, envolve cinco etapas (LAUFER; TUCKER, 1987):

- a) planejamento do processo de planejamento;
- b) coleta de informações;
- c) preparação de planos;
- d) difusão da informação; e
- e) avaliação do processo de planejamento.

A primeira e última fases do ciclo têm um caráter intermitente, isto é, ocorrem em períodos específicos na empresa construtora, seja por ocasião do lançamento de novos empreendimentos, término da construção ou de alguma etapa importante da obra. Já as fases intermediárias formam um ciclo que ocorre continuamente durante toda a etapa de produção. Esse ciclo de replanejamento inicia-se com a coleta de informações sobre o sistema que está sendo controlado. Essas informações são processadas na etapa de preparação dos planos e difundidas para as entidades que delas necessitam. A partir dessas informações são desencadeadas ações (etapa AÇÃO do processo) visando ao cumprimento das metas fixadas. São, então, coletadas novamente informações sobre o sistema controlado, objetivando a identificação de possíveis desvios nas metas dos planos e suas causas. Mais uma vez, as informações são processadas, e os planos são reformulados e difundidos.



Figura 1 – As cinco fases do ciclo de planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987)

Segundo Laufer e Tucker (1987), nas empresas construtoras, das etapas do processo de planejamento apresentadas na Figura 1, a primeira e a última são praticamente inexistentes, e as restantes, em geral, realizadas de forma deficiente. Esses autores complementam que é muito comum encontrar planos formais, preparados pelo pessoal do escritório central, decorando as paredes do escritório do canteiro. Isso ocorre devido aos seguintes motivos:

- a) a execução da obra no canteiro é coordenada segundo um planejamento de curto prazo informal, realizado pelo gerente de produção, sem ciclos de controle definidos e de forma desvinculada dos planos formais;
- b) as entidades responsáveis pelo planejamento encontram dificuldades na atualização dos planos, visto que elas não dispõem de informações do canteiro de obra para a retroalimentação do planejamento, como também pelo excesso de trabalho que é exigido para atualizar planos muito detalhados; e
- c) os diferentes níveis de decisão do planejamento não são adequadamente integrados.

Com relação à dimensão vertical, constata-se que o planejamento deve ser realizado em todos os níveis gerenciais da organização e integrado de maneira a mantê-los sintonizados uns com os outros (GHINATO, 1996). Devido à incerteza presente no processo construtivo, é importante que os planos sejam preparados em cada nível com um grau de detalhe apropriado (LAUFER; TUCKER, 1988; FORMOSO, 1991).

Lauffer e Tucker (1988) salientam que o grau de detalhe deve variar com o horizonte de planejamento, crescendo com a proximidade da implementação. Planos que contêm muitos detalhes podem se mostrar ineficazes diante de uma situação de alta incerteza, devido ao excessivo esforço para remanejá-los (LAUFER; TUCKER, 1988).

Nesse caso, à medida que os efeitos da incerteza se manifestam, o planejamento deve ser ajustado de forma a garantir que o trabalho continue sendo executado de maneira eficiente (TOMMELEIN, 1998).

Cada nível de planejamento requer diferentes graus de detalhes, e os planos devem ser elaborados com ferramentas consistentes entre os diferentes níveis hierárquicos da empresa (HOPP; SPEARMAN, 1996). A manutenção da consistência entre esses níveis deve ser considerada, principalmente, durante a preparação dos planos (FORMOSO, 1991; ALVES, 2000).

Convencionalmente, segundo a dimensão vertical, são três os níveis hierárquicos do planejamento: estratégico, tático e operacional. No nível estratégico, são definidos o escopo e as metas do empreendimento a serem alcançadas em determinado intervalo de tempo (SHAPIRA; LAUFER, 1993). Nesse nível, as decisões tomadas para a preparação dos planos estão relacionadas a questões de longo prazo (HOPP; SPEARMAN, 1996). No nível tático, enumeram-se os meios e suas limitações para que essas metas sejam alcançadas. Segundo Davis e Olson (1987), o planejamento tático refere-se à identificação de recursos, estruturação do trabalho, além de o recrutamento e treinamento de pessoal. Finalmente, o nível operacional refere-se à seleção do curso das ações por meio das quais as metas são alcançadas (EILON<sup>1</sup>, 1971 apud LAUFER; TUCKER, 1987). Lauffer e Tucker (1987) relacionam, nesse contexto, o planejamento operacional com as decisões a serem tomadas no curto prazo. Ainda segundo estes autores, as decisões supracitadas são referentes às operações de produção da empresa.

Os níveis de planejamento utilizados neste trabalho são o tático e o operacional, visto que o estratégico está muito mais vinculado às etapas iniciais do processo de

<sup>1</sup>EILON, S. **Management Control**. London: Macmillan, 1971.

projeto (FORMOSO et al., 1999). Em geral, pode-se ter um plano tático destinado a um horizonte de longo ou de médio prazo, por exemplo. Contudo, isso vai depender do tipo de obra a ser executada, do horizonte de tempo necessário à execução, bem como da maneira pela qual o processo de planejamento e controle da produção será desenvolvido. De forma a evitar confusões quanto a essas terminologias, optou-se por apresentar os níveis de planejamento segundo os horizontes pelos quais eles são válidos. Isso pode ser explicado por a apresentação através dos horizontes de planejamento estar mais relacionada à discussão realizada sobre a incerteza existente no ambiente produtivo e sua influência no grau de detalhe dos planos.

## Planejamento de longo prazo

Conforme comentado no item anterior, devido à incerteza existente no ambiente produtivo, o plano destinado a um longo prazo de execução deve apresentar um baixo grau de detalhes. Laufer (1997) denomina o plano gerado nesse nível de plano-mestre e salienta que este deve ser utilizado para facilitar a identificação dos objetivos principais do empreendimento.

Tommelein e Ballard (1997) salientam que esse plano descreve todo o trabalho que deve ser executado através de metas gerais. O plano gerado nesse nível destina-se à alta gerência, de forma a mantê-la informada sobre as atividades que estão sendo realizadas (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

O plano de longo prazo serve, também, de base para o estabelecimento de contratos, fornecendo um padrão de comparação no qual o desempenho do empreendimento pode ser monitorado (LAUFER, 1997; TOMMELEIN; BALLARD, 1997). De acordo com Oglesby et al. (1989), poucos construtores aventuram-se a iniciar a obra sem preparar esse plano, mesmo que a preparação ocorra de maneira informal.

## Planejamento de médio prazo

O planejamento de médio prazo é considerado um segundo nível de planejamento tático, que busca vincular as metas fixadas no plano-mestre àquelas designadas no curto prazo (FORMOSO et al., 1999). Ainda segundo esses autores, o planejamento nesse nível tende a ser móvel, e, por isso, é denominado *Lookahead Planning* (BALLARD, 1997).

Esse plano é considerado um elemento essencial para a melhoria da eficácia do plano de curto prazo e, conseqüentemente, para a redução de custos e durações das atividades (BALLARD, 1997). Isso pode ser explicado porque é com base nesse plano que os fluxos de trabalho são analisados, visando a um seqüenciamento que reduza a parcela de atividades que não agregam valor ao processo produtivo.

A Figura 2 mostra um exemplo de representação de um plano *Lookahead* típico. De acordo com a figura, há quatro semanas para planejamento, contadas a partir da segunda, pois a primeira corresponde ao horizonte compreendido pelo plano de curto prazo.

A execução do *Lookahead* é fundamentada na análise do plano de longo prazo preparado. Desse modo, o responsável por sua elaboração identifica, por meio de um processo de triagem<sup>2</sup> (*screening*), as atividades que devem ser incluídas no plano de médio prazo, bem como as que serão postergadas nesse horizonte de planejamento (TOMMELEIN; BALLARD, 1997). Uma forma de auxiliar esse processo é utilizar os requisitos de qualidade do plano de curto prazo (TOMMELEIN; BALLARD, 1997), os quais são apresentados no item seguinte.

À medida que as atividades são programadas no *Lookahead*, é estabelecido um conjunto de ações em prol da disponibilização dos recursos necessários à sua execução (TOMMELEIN; BALLARD, 1997). Em geral, não é necessário que todos os recursos estejam disponíveis no canteiro, para que uma atividade seja programada nesse nível (BALLARD, 1997).

Contudo, uma vez que existe a necessidade de que as atividades desse nível sejam executadas para não comprometer o fluxo de trabalho existente, deve-se recorrer à realização de ações que permitam disponibilizar tais recursos (TOMMELEIN; BALLARD, 1997). A realização dessas ações é definida como mecanismo pull, que está relacionado à reprogramação de tarefas conforme a necessidade e as condições de desenvolvimento do projeto (ALVES, 2000). Na implementação desse mecanismo, os recursos que ainda não foram disponibilizados devem ser identificados antes da data prevista para a execução da atividade, evitando-se, assim, possíveis atrasos na programação (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

<sup>2</sup>A denominação "processo de triagem" é apresentada como significado de screening no trabalho de ALVES (2000).

Obra: Porto Príncipe		Engenheiro: José					Mestre: João					Data: 01/01/1999					Folha: 01					
Atividades	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Necessidades	
Equipe: Hélio e Miguel																						
Piso cerâmico apt. 201 e 202	X	X	X	-	X	X															Mat. no canteiro até 30/08	
Azulejo apt. 301						X	X	X	-	X	X											Preparar azulejo até 08/09
Azulejo apt. 401											X	X	X	-	X	X						Contratar + 1 azulej. até 12/09
Azulejo apt. 403																X	X	X	-	X	X	Necessidade.....
Equipe: Pintores																						
1ª demão apts. 203 e 204						X	X	X	-	X	X											Necessidade.....
Massa corrida Apt. 304											X	X	X									Necessidade.....
2ª demão apt. 404														X	X	X	-	X	X			Necessidade.....
1ª demão apt. 202 e 203	X	X	X	-	X	X																Necessidade.....
Massa corrida portaria													X	X								Necessidade.....

Figura 2 – Exemplo de plano de médio prazo *Lookahead* (adaptado de BALLARD, 1997)

Para utilização do mecanismo *pull*, além da identificação dos recursos necessários à execução das atividades, deve-se buscar identificar e remover as restrições que impedem o fluxo contínuo de trabalho (TOMMELEIN, 1998). Essa forma de atuação é um primeiro passo para proteger a produção contra os efeitos da incerteza no nível do curto prazo (BALLARD; HOWELL, 1997; TOMMELEIN, 1998; CHOO et al., 1999).

## Planejamento de curto prazo

No nível de curto prazo, Ballard e Howell (1997) propõem que o planejamento seja desenvolvido com a realização de ações direcionadas a proteger a produção contra os efeitos da incerteza. De acordo com o trabalho desses autores, pode-se proteger a produção utilizando-se planos passíveis de serem atingidos, planos submetidos a uma análise do cumprimento de seus requisitos (detalhados posteriormente) e a uma análise das razões pelas quais as tarefas planejadas não foram cumpridas.

A Figura 3 representa esquematicamente a lista de tarefas semanais de um plano de curto prazo. Na primeira coluna, são descritos os pacotes de trabalho (ou tarefas) executáveis para a semana seguinte à da elaboração do plano. Nas demais

colunas, registra-se o número de funcionários envolvidos com o pacote, em seus respectivos dias de trabalho, bem como a finalização da tarefa (coluna OK) e a identificação da causa real do problema, devido ao qual o pacote não foi cumprido 100% (coluna PROBLEMAS).

Existe, também, um espaço na planilha destinado para tarefas reservas, que são aquelas consideradas um estoque de tarefas executáveis, identificadas durante a elaboração do *Lookahead* como atividades que atendem aos requisitos de qualidade do plano de curto prazo, mas que não são identificadas como prioritárias pelo plano de longo prazo (BALLARD; HOWELL, 1997). Seu principal objetivo é garantir continuidade de trabalho para as equipes de produção, caso venha a ocorrer algum problema que impeça a execução das atividades designadas a essas equipes (CHOO et al., 1999), conferindo, desse modo, um caráter contingencial ao plano de curto prazo.

No final do ciclo de curto prazo adotado (diário, semanal ou quinzenal), procede-se ao monitoramento das metas executadas e registro das causas pelas quais não se cumpriu o planejado. Existe um indicador associado ao plano denominado Percentagem do Planejamento Concluído (PPC), resultado da razão dos pacotes de trabalhos completados 100% pelos totais planejados. No exemplo da Figura 3, ao final da semana, durante a análise dos pacotes completados, percebe-se que dois dos três pacotes designados haviam sido completados. Assim, o PPC da semana é 66,67%.

372

Lista de tarefas semanais								
Semana: 21/07 a 25/07				Mestre: Alberi		Engenheiro: Carlos		
Tarefa	S	T	Q	Q	S	S	OK	Problemas
Colocação das fôrmas do 4º pavimento	6	6	6	6			X	OK!
Desformar 2º pavimento		4	4	4	4		X	OK!
Alvenaria área 1 do 1º pavimento			3	3	3			Faltou Material

PPC = 2/3 = 66.67 %

**Tarefas Reservas:**  
 Preparação das armaduras das vigas do 4º pavimento  
 Colocação da armadura das vigas no 4º pavimento

Figura 3 – Exemplo de planilha utilizada na preparação do plano de curto prazo (adaptado de Ballard e Howell, 1997)

Alguns requisitos, entretanto, necessitam ser cumpridos para que se possa elaborar esse tipo de plano. Essas exigências são realizadas de forma a criar condições de elaboração de planos passíveis de serem atingidos. Esses requisitos estão listados a seguir (BALLARD; HOWELL, 1997):

- a) Definição: os pacotes de trabalho devem estar suficientemente especificados para definição do tipo e quantidade de material a ser utilizado, sendo possível identificar claramente, ao término da semana, aqueles que foram completados;
- b) Disponibilidade: os recursos necessários devem estar disponíveis quando forem solicitados;
- c) Seqüenciamento: os pacotes de trabalho devem ser selecionados, observando um seqüenciamento necessário para garantir a continuidade dos serviços desenvolvidos por outras equipes de produção;
- d) Tamanho: o tamanho dos pacotes designados para a semana deve corresponder à capacidade produtiva de cada equipe de produção; e
- e) Aprendizagem: os pacotes que não foram completados nas semanas anteriores e as reais causas do atraso devem ser analisados, de forma a se definirem as ações corretivas necessárias, assim como identificar os pacotes passíveis de serem atingidos.

A designação de pacotes com qualidade protege a produção de um fluxo de trabalho incerto, contribuindo para a melhoria da produtividade das equipes de produção (BALLARD; HOWELL, 1997).

Para BALLARD (2000), a aplicação conjunta do plano de curto prazo com o Lookahead faz parte de um conjunto de ferramentas que facilitam a implementação de um sistema de controle da produção denominado *Last Planner*. Esse autor afirma que tal sistema busca melhorar o desempenho do processo de PCP com medidas que protejam a produção dos efeitos da incerteza.

## Programação de recursos

A gestão de recursos deve ocorrer nos três níveis de planejamento apresentados. Nesse caso, os recursos podem ser programados em momentos específicos durante a execução do empreendimento, podendo ser classificados em três classes distintas (FORMOSO et al., 1999):

- a) recursos classe 1: são aqueles cuja programação de compra, aluguel ou contratação deve ser realizada a partir do planejamento de longo prazo, caracterizando-se, geralmente, por longo ciclo de aquisição e baixa repetitividade deste ciclo. Nesse caso, o lote de compra corresponde, geralmente, ao total da quantidade de recursos a serem utilizados;
- b) recursos classe 2: são aqueles cuja programação de compra, aluguel ou contratação deverá ser realizada a partir do planejamento tático de médio prazo e que se caracterizam, geralmente, por um ciclo de aquisição inferior a 30 dias e por uma média frequência de repetição deste ciclo. Os lotes de compra são, geralmente, frações da quantidade total do recurso; e
- c) recursos classe 3: são aqueles cuja programação pode ser realizada em ciclos relativamente curtos (similares ao horizonte do plano de curto prazo). Em geral, a compra desses recursos é realizada a partir do controle de estoque da obra e do almoxarifado central (se houver). Caracterizam-se, geralmente, por um pequeno ciclo de aquisição e pela alta repetitividade deste ciclo.

A não-disponibilização de recursos em tempo hábil à execução traz como consequência direta a paralisação da obra por falta de recursos e, indiretamente, dificulta um desenvolvimento adequado das funções de recrutamento, seleção, contratação e treinamento (CARVALHO, 1998). Nesse sentido, o processo de aquisição de recursos pode ser considerado o maior potencial individual de melhoria de qualidade em empresas de construção (PICCHI, 1993).

## Responsabilidade pelo desenvolvimento do planejamento

O tempo dispensado à elaboração do planejamento deve ser livre de pressões, facilitando, assim, os processos de deliberação e ponderação, indispensáveis à tomada de decisão (LAUFER; TUCKER, 1988). Normalmente, o ambiente no qual a gerência<sup>3</sup> está envolvida não possui essas características. Estudos realizados por Mintzberg (1973) mostram que as atividades da gerência são caracterizadas pelo curto espaço de tempo utilizado para desenvolvê-las, além de serem consideradas variadas e fragmentadas. Esses estudos revelaram que cerca de dois terços a quatro quintos do tempo de profissionais que assumem cargos de gerência são gastos emitindo ou recebendo informações (MINTZBERG, 1973; KOTTER, 1982).

<sup>3</sup>O gerente citado corresponde à figura do responsável pela tomada de decisão na empresa. Pode ser o proprietário da empresa como algum funcionário responsável pela direção da mesma.

Dessa forma, é difícil para a gerência da obra alocar tempo para a execução do planejamento, principalmente durante a construção do empreendimento, quando ocorre um fluxo maior de trabalho (LAUFER; TUCKER, 1988). Isso explica por que o gerente de produção dificilmente consegue desenvolver sozinho o processo de planejamento. Dessa forma, Laufer e Tucker (1988) recomendam que esse profissional deve ser assistido por um funcionário ou especialista que tenha tempo livre para dedicação a essa atividade.

Embora a gerência possa delegar essa atividade a especialistas, ela cumpre um papel fundamental nesse processo, visto que é responsável pelas decisões inerentes à sua unidade organizacional (MINTZBERG, 1973). Nesse contexto, o estabelecimento de uma cooperação entre o responsável pelo planejamento e a gerência tende a contribuir para a melhoria de todo o processo.

Segundo Laufer e Tucker (1988), tanto o gerente de produção como o funcionário envolvido com o processo de planejamento e controle da produção possuem apenas parte das informações necessárias para a tomada de decisões. Sendo assim, nenhum deles pode executar o processo de planejamento sem a ajuda do outro (LAUFER; TUCKER, 1988).

Como o processo de planejamento e controle da produção deve se basear na cooperação entre a gerência e o profissional responsável pelo planejamento, Laufer e Tucker (1988) recomendam que esse profissional não seja chamado de planejador, mas de coordenador do planejamento ou facilitador do planejamento. Isso expressa a separação entre decisões relacionadas a problemas que são de responsabilidade do gerente e aquelas relativas ao processo de planejamento e controle da produção (LAUFER; TUCKER, 1988).

## Desenvolvimento do modelo

O desenvolvimento do modelo contou com a participação de um grupo de dez empresas de construção do Rio Grande do Sul. O principal critério para a escolha dessas foi o seu envolvimento prévio em programas de melhoria gerencial, além do interesse demonstrado para a realização da parceria com a universidade. As empresas participantes são descritas no Quadro 1.

O trabalho envolveu uma primeira etapa, na qual, mediante de estudos de caso, o sistema de planejamento e controle de cada uma das empresas foi avaliado. A partir desse diagnóstico foi proposta uma versão inicial do modelo. Na segunda

etapa da pesquisa, a versão inicial desse modelo foi implementada num conjunto de empresas, adotando-se a pesquisa-ação como estratégia de pesquisa. Uma descrição detalhada da estratégia e do método de pesquisa utilizados para o desenvolvimento do modelo é apresentada no trabalho de Bernardes (2001). No início dos trabalhos, houve a preocupação de se estabelecer uma seqüência de estudos de caso, na qual o aprendizado obtido em uma empresa pudesse ser aproveitado nas demais. Assim, optou-se por defasar a realização dos estudos de caso. Inicialmente, desenvolveu-se a pesquisa em duas empresas de Porto Alegre. Foi realizado, então, de forma defasada, o trabalho com o grupo de empresas em Santa Maria. Optou-se por iniciar o estudo com as empresas de Porto Alegre devido à sua proximidade física com a equipe de trabalho.

O modelo de planejamento e controle da produção é apresentado na Figura 4. Conforme se pode perceber nessa figura, o modelo é composto de três etapas básicas: preparação do processo, planejamento e controle da produção propriamente ditos, e avaliação do processo. As etapas referentes a coleta de informações, preparação dos planos e difusão das informações estão inseridas na segunda etapa, que, por sua vez, está dividida hierarquicamente nos níveis de planejamentos de longo, médio e curto prazos.

## Preparação do processo de planejamento e controle da produção

A preparação do processo de planejamento e controle da produção é a primeira etapa do modelo proposto. Nessa etapa, são fixados procedimentos e padrões de planejamento que irão nortear as próximas etapas do modelo, bem como permitir a análise, durante a execução da obra, dos efeitos das decisões tomadas nos estágios preliminares do empreendimento.

De acordo com a Figura 4, a etapa de preparação do processo de PCP inicia-se com a tomada das decisões preliminares, para a qual são necessárias as informações a seguir.

**a) Planejamento estratégico do empreendimento:** esta informação não é gerada dentro do processo de planejamento e controle da produção, pois faz parte dos estágios iniciais do processo de desenvolvimento do produto. Engloba os objetivos do empreendimento quanto a prazo, custo e qualidade, a partir dos

Empresa	Cidade	Funcionários registrados (média)	Área de Atuação	Obras em andamento* (média)	Obras/Eng.* (média)
A	Porto Alegre	60	Construção e incorporação de imóveis residenciais e comerciais	6	3
B	Porto Alegre	10	Construção e incorporação de imóveis residenciais e comerciais	3	3
C	Santa Maria	70	Construção e incorporação de imóveis residenciais e comerciais, administração de imóveis para terceiros, elaboração de projetos, construção por empreitada e comercialização de pré-moldados	3	3
D	Santa Maria	65	Construção e incorporação de imóveis residenciais e comerciais	2	1
E	Santa Maria	27	Construção e incorporação de imóveis residenciais e comerciais, obras públicas, construção por empreitada e comercialização de materiais	4	1
F	Santa Maria	260	Construção e reforma de obras públicas e particulares	44	5
G	Santa Maria	60	Construção e incorporação de imóveis residenciais e comerciais	3	3
H	Santa Maria	35	Construção e incorporação de imóveis residenciais e comerciais	2	2
I	Canoas	30	Construção e incorporação de imóveis residenciais e comerciais	4	2
J	Porto Alegre	140	Construção e reforma de obras industriais	10	2

\*Os dados referentes às empresas I e J são de agosto de 1998 e fevereiro de 1999, respectivamente, e os dados das demais empresas foram obtidos no segundo semestre de 1996.

Quadro 1 – Características das empresas estudadas

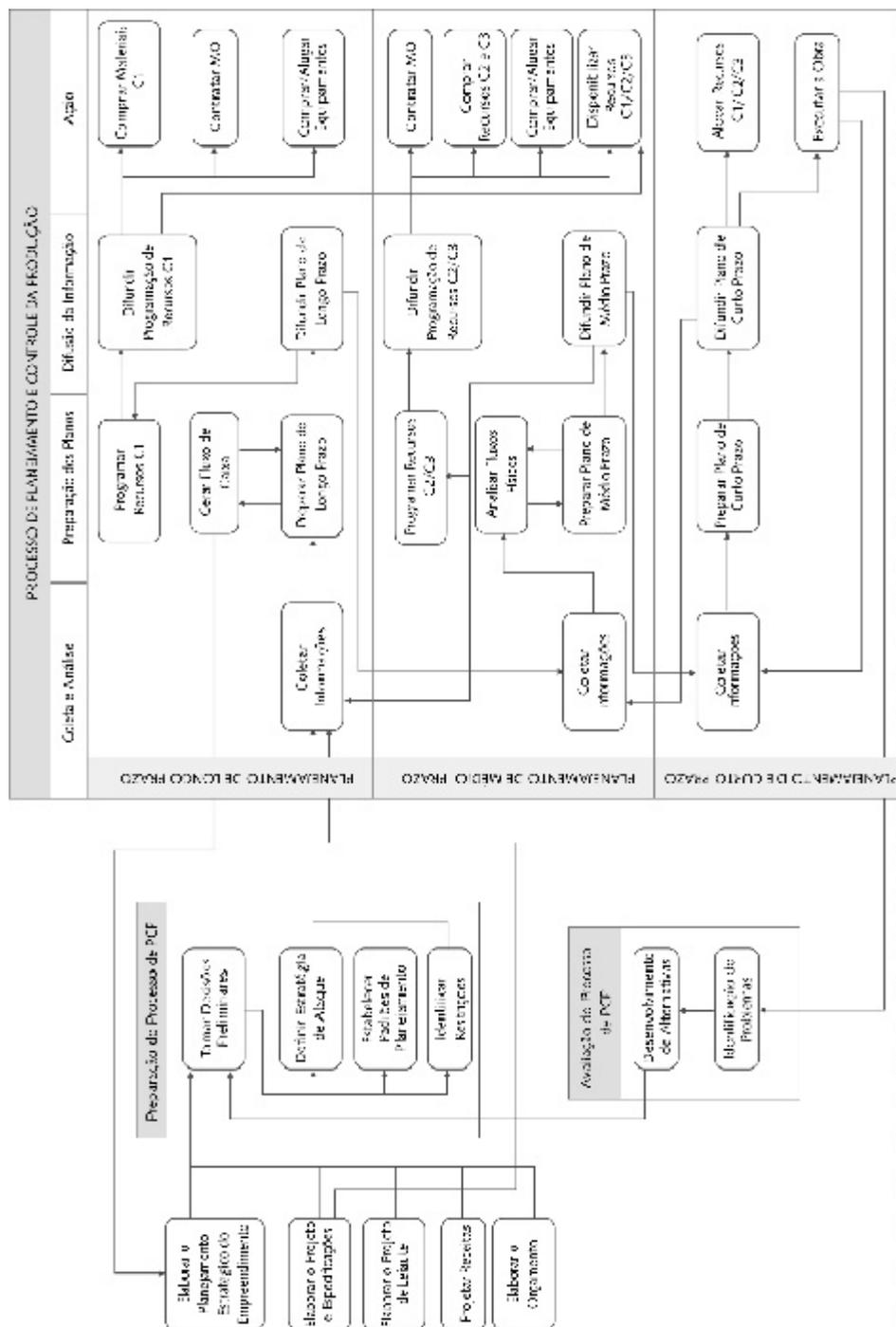


Figura 4 – Modelo de planejamento e controle da produção

requisitos de seus clientes finais. Aliado a esses objetivos, o planejamento estratégico deve conter as datas-marco principais para a execução do empreendimento, como, por exemplo, data de início da obra, conclusão de macroserviços, entrega das unidades, entre outras. Contudo, ao ser preparado o plano de longo prazo, a previsão de fluxo de caixa pode influenciar alguns dos objetivos fixados para o empreendimento, fazendo com que algumas datas sejam alteradas.

**b) Projetos e especificações:** em geral, os projetos e especificações utilizados para preparar o processo de PCP são os que estão disponíveis na empresa no momento da tomada das decisões preliminares. Essa forma de atuação pressupõe limitações nas informações disponíveis, visto que, durante a execução do empreendimento, normalmente, são necessárias modificações ou detalhes adicionais de projeto, previstos ou não.

**c) Projeto de leiaute:** este projeto apresenta a disposição física inicial do escritório do canteiro, locais de armazenagem de recursos, posição de equipamentos, vestiário, banheiros, almoxarifado e demais peças necessárias ao suporte da obra. O projeto de leiaute deve considerar também requisitos de segurança no canteiro, como, por exemplo, a colocação do guincho distante de redes de alta tensão. À medida que a obra se desenvolve, existe a necessidade de se alterar e detalhar este projeto.

**d) Projeção de receitas:** tal informação é muito importante para o desenvolvimento do processo de PCP, visto que essa é necessária para gerar o fluxo de caixa do empreendimento, que pode estabelecer restrições ao andamento da obra.

**e) Orçamento discriminado:** normalmente, essa informação é gerada antes de o processo de PCP ser iniciado, sendo importante que ela esteja formatada adequadamente, de forma a possibilitar agilidade no acesso a informações. Nesse sentido, a configuração de um formato mais operacional pode facilitar o controle integrado e o uso compartilhado de informações.

**f) Informações sobre o planejamento e controle da produção de obras anteriores:** essa informação advém, em geral, de obras similares executadas pela empresa, cujos relatórios de controle do processo de PCP foram armazenados. Dessa forma, o aprendizado obtido a partir da análise desses relatórios pode influenciar as decisões preliminares supracitadas.

De posse das informações apresentadas, a preparação do processo pode ser realizada. Esta etapa é composta das seguintes atividades:

**a) tomar decisões preliminares:** estas decisões são tomadas tendo por base informações advindas de outros processos da empresa, anteriores ao desenvolvimento do processo de PCP. Normalmente, tais informações são inerentes ao processo de PCP, tais como a quantidade de níveis hierárquicos, a frequência de replanejamento em cada nível, o formato dos planos, indicadores a serem coletados, papel dos diferentes intervenientes, bem como ajustes no fluxo de informações que respaldará o processo;

**b) estabelecer padrões de planejamento:** esta etapa envolve a definição de padrões a serem utilizados na realização do planejamento e controle. Nesse caso, a estrutura analítica do empreendimento (WBS – *Work Breakdown Structure*) e o zoneamento da obra são considerados os principais padrões empregados no processo de planejamento;

**c) detalhar restrições:** as restrições envolvidas nesta etapa estão relacionadas à dificuldade de acesso à obra e arranjo físico, localização geográfica, bem como a limitações de recursos físicos e financeiros; e

**d) definir a estratégia de ataque:** esta atividade deve ser realizada em paralelo com a identificação de restrições existentes no ambiente produtivo e consiste na definição dos principais fluxos de trabalho da produção. Em geral, esse fluxo pode ser representado diretamente no projeto de layout do canteiro. Esta etapa procura definir também os fluxos de trabalho principais, que indicam o seqüenciamento dos serviços a serem executados.

## Planejamento de longo prazo

380

O planejamento de longo prazo consiste no primeiro planejamento de caráter tático (FORMOSO et al., 1999a). Os principais resultados desse nível de planejamento são o plano de longo prazo da obra e a programação de recursos classe 1. A partir desses documentos, pode-se realizar as ações necessárias à aquisição de recursos classe 1, tais como materiais com longo prazo de entrega, mão-de-obra própria ou terceirizada, bem como equipamentos (comprados ou alugados). Este plano também norteia a preparação do plano de médio prazo.

Conforme a Figura 4, o planejamento de longo prazo pode ser dividido nas seguintes etapas:

**a) coletar informações:** esta etapa se inicia com a coleta de informações provenientes da preparação do processo de planejamento, bem como do planejamento de médio prazo para o caso da obra já ter sido iniciada;

**b) preparar plano de longo prazo:** durante a preparação dos planos, são definidos ritmos de trabalho para as equipes de produção, de acordo com a disponibilidade financeira prevista. Esse plano pode ser utilizado como informação básica na geração do fluxo de caixa do empreendimento. Para a sua preparação, pode-se utilizar diversas técnicas, sendo as mais conhecidas o diagrama de Gantt, de setas (ADM – *Arrow Diagram Method*) e de precedência (PDM – *Precedence Diagram Method*), e a linha de balanço;

**c) gerar fluxo de caixa:** o fluxo de caixa elaborado nesta etapa constitui um refinamento daquele elaborado nos estágios iniciais do empreendimento. Assim, caso haja incongruência na previsão de receitas e despesas preparada no início do empreendimento, pode-se modificar as metas presentes no plano de longo prazo. A decisão de modificação das metas do plano de longo prazo pode estar baseada na utilização de indicadores econômico-financeiros que possibilitem a análise de viabilidade do empreendimento (taxa interna de retorno, margem de lucro, entre outros);

**d) difundir plano de longo prazo:** preparado o plano de longo prazo, este deve ser difundido de acordo com as necessidades de seus usuários. Nesse caso, a transmissão do plano pode ocorrer tanto por meio escrito como verbal, durante a realização de reuniões no escritório da empresa ou canteiro de obra;

**e) programar recursos classe 1:** estes recursos devem ser programados no nível de longo prazo, visto que requerem longos prazos de aquisição;

**f) difundir programação de recursos classe 1:** esta etapa corresponde à difusão da programação de recursos classe 1 aos setores de recursos humanos, para a contratação de mão-de-obra e de suprimentos para a disponibilização de materiais e equipamentos;

**g) comprar materiais classe 1:** de posse da programação de recursos classe 1, que apresenta as datas-marco para a sua entrega, inicia-se o processo de negociação com fornecedores em busca dos menores preços praticados. Depois da compra, a empresa deve solicitar, periodicamente, dos fornecedores informações sobre o andamento dos insumos adquiridos;

**h) contratar mão-de-obra:** nesta etapa, é iniciado o processo de divulgação da necessidade de mão-de-obra, bem como a contratação em si; e

**i) comprar ou alugar equipamentos:** em geral, o setor de suprimentos realiza esta etapa de posse da programação de recursos recebida. Contudo, a decisão para o aluguel ou compra de determinado equipamento neste nível de planejamento, normalmente, parte da diretoria da empresa.

## Planejamento de médio prazo

O planejamento de médio prazo cumpre o importante papel de vinculação do planejamento de longo com o de curto prazo. Entre seus objetivos principais, está a identificação de restrições existentes no ambiente produtivo de forma a possibilitar o desencadeamento de ações para removê-las, aumentando, assim, a confiabilidade do planejamento de curto prazo.

Para o desenvolvimento do planejamento de médio prazo, as metas fixadas no planejamento de longo prazo são detalhadas e segmentadas em pacotes de trabalho, em função do zoneamento estabelecido na etapa de preparação do processo de planejamento.

Dependendo do procedimento adotado pelas empresas no desenvolvimento de seus processos de planejamento, este nível pode ocorrer em horizontes que variam de duas semanas a três meses. Nesse caso, pode ocorrer também uma subdivisão deste nível em dois: um menos detalhado, abrangendo um horizonte maior, como, por exemplo, de dois a três meses, e um envolvendo a definição de pacotes de trabalho em termos operacionais, com um horizonte de duas a cinco semanas.

As principais etapas envolvidas no desenvolvimento do planejamento de médio prazo são:

**a) coletar informações:** as informações que servem de base à elaboração do plano de médio prazo são provenientes do planejamento de longo e de curto prazo, sendo esse último correspondente ao plano controlado após a execução dos serviços;

**b) analisar fluxos físicos:** as metas que são planejadas nesta etapa devem buscar reduzir conflitos de equipes trabalhando no mesmo local e ao mesmo tempo,

bem como deve identificar um seqüenciamento adequado dos pacotes, reduzindo, assim, o excesso de movimentação de pessoas e transporte de materiais (ALVES, 2000);

**c) preparar plano de médio prazo:** este plano pode ser elaborado por meio de um diagrama de Gantt ou de uma rede de atividades apresentada em um grau de detalhes superior ao plano de longo prazo, para o horizonte de médio prazo correspondente;

**d) difundir plano de médio prazo:** o plano de médio prazo deve ser difundido para o responsável pela elaboração do plano de curto prazo, bem como para os funcionários encarregados pelo setor de suprimentos da empresa e para outros setores encarregados da remoção de restrições. Nesse sentido, é importante que as datas de disponibilização dos recursos classes 1, 2 e 3 estejam presentes neste plano de forma clara. Isso ocorre para se evitar problemas de interrupções do fluxo de trabalho por problemas de abastecimento de recursos;

**e) programar recursos classes 2 e 3:** a programação de recursos classe 1, realizada no planejamento de longo prazo, explicita a identificação de datas nas quais os recursos classe 1 devem ser adquiridos. Já a programação de recursos realizada para o médio prazo tem por objetivo principal a disponibilização dos recursos classe 1, 2 e 3. Assim, nesta programação, devem ser identificadas datas-limite para disponibilização no canteiro desses recursos para o horizonte planejado, como forma de evitar descontinuidade no planejamento de curto prazo pela falta de um dado recurso. Essa forma de atuação evita que pacotes de trabalho cujos recursos ainda não estejam disponíveis sejam programados no plano de curto prazo e designados para as equipes de produção;

**f) difundir programação de recursos classes 2 e 3:** da mesma maneira que no planejamento de longo prazo, esta programação de recursos deve ser difundida, em um formato apropriado, para os setores de recursos humanos e suprimentos. Esses setores devem identificar as datas limites de disponibilização desses recursos fixadas nesta programação. A utilização dessas datas-limite serve como um lembrete ao responsável pelo setor de suprimentos, do período no qual deve ocorrer o rastreamento do recurso adquirido junto ao fornecedor, visando a confirmar sua entrega no local e no período previamente combinados;

**g) contratar mão-de-obra:** nesta etapa, o setor de recursos humanos, tendo por base a solicitação de contratação de novos funcionários e a autorização da diretoria, inicia o processo de divulgação, seleção e contratação. Nesse caso, a disponibilização da mão-de-obra deve ocorrer dentro do prazo estipulado na programação, para que não haja problemas na preparação do plano de curto prazo;

**h) comprar recursos classes 2 e 3:** de posse da programação de recursos e das atividades fixadas no plano de médio prazo, pode-se comprar os demais recursos necessários à execução das atividades. Nesse caso, os recursos classe 3 foram incluídos nesta etapa para evitar a sua compra e disponibilização durante a semana de trabalho na qual serão necessários. Essa atitude visa a minimizar os efeitos da incerteza envolvida na entrega dos recursos no canteiro de obras;

**i) comprar ou alugar equipamentos:** esta etapa está relacionada ao processo de compra ou aluguel de equipamentos necessários à execução de atividades fixadas para o planejamento de médio e curto prazo. Em geral, deve-se procurar identificar, nesse caso, os prazos mínimos de disponibilização desses equipamentos, para que eles sejam entregues no período em que são necessários; e

**j) disponibilizar recursos classes 1, 2 e 3:** esta etapa refere-se ao processo constituído pelas atividades de rastreamento dos recursos adquiridos, bem como por sua entrega, conferência e notificação ao setor de suprimentos, caso haja algum problema de especificação percebido pelo mestre ou almoxarife no recebimento.

## Planejamento de curto prazo

O planejamento de curto prazo tem por objetivo orientar diretamente a execução da obra, através de designações de pacotes de trabalho fixados no plano de médio prazo às equipes de produção. Nesse nível de planejamento, podem ser fornecidos às equipes de trabalho equipamentos e ferramentas para a execução de suas atividades.

Normalmente, esse plano é realizado em ciclos semanais. Porém, em obras muito rápidas ou nas quais existe muita incerteza associada ao processo de produção, o ciclo de planejamento pode ser diário.

As principais etapas a serem desenvolvidas no plano de curto prazo são as seguintes:

**a) coletar informações:** as informações que respaldam o planejamento de curto prazo são o plano de médio prazo e o plano de curto prazo controlado no ciclo anterior. Nesse caso, os planos de curto prazo dos ciclos anteriores podem servir também como fonte de informações sobre os fluxos de trabalho das equipes de produção e dos fluxos de materiais na obra;

**b) preparar plano de curto prazo:** este plano é elaborado de acordo com os requisitos necessários para a proteção da produção, propostos por Ballard e Howell (1997). Dessa forma, depois de coletadas as informações pertinentes ao desenvolvimento deste plano, parte-se para a elaboração de uma primeira proposta de plano de curto prazo a ser apresentada e discutida em uma reunião, normalmente semanal, com o engenheiro e o mestre-de-obras, subempreiteiros e encarregados das equipes de produção. Na reunião, inicialmente é apresentado o plano de curto prazo controlado do ciclo anterior, de forma a possibilitar que todos os presentes identifiquem as razões pelas quais algumas metas não foram cumpridas conforme planejado;

**c) difundir plano de curto prazo:** a difusão do plano de curto prazo ocorre em dois estágios. O primeiro refere-se às informações trocadas entre o engenheiro e o mestre-de-obras, bem como entre eles e os subempreiteiros e encarregados das equipes de produção, durante a reunião de negociação das metas. O segundo estágio ocorre através do contato verbal entre os encarregados e os demais funcionários participantes da equipe de produção. Por isso, deve-se procurar ser o mais claro possível durante a reunião de discussão das metas, utilizando esboços e detalhes dos postos de trabalho, de forma a esclarecer melhor as tarefas que estão sendo designadas, para evitar falhas de compreensão e, devido a esse fato, possíveis retrabalhos;

**d) alocar recursos classes 1, 2 e 3:** de posse do plano de curto prazo, pode-se alocar os recursos classes 1, 2 e 3 nos postos de trabalhos nos quais eles serão utilizados. A alocação desses recursos deve, em princípio, obedecer ao itinerário identificado durante a análise dos fluxos físicos realizada durante o planejamento de médio prazo; e

**e) executar a obra:** esta etapa ocorre durante o dia-a-dia de execução da obra, a partir de diretrizes fixadas na preparação do processo de planejamento. Devem

ser identificadas as razões pelas quais as metas planejadas não estão sendo cumpridas, se esse for o caso, de forma a serem identificadas medidas corretivas necessárias.

## Avaliação do processo de planejamento e controle da produção

A avaliação do processo de planejamento e controle da produção ocorre ao final da obra, como forma de se propor melhorias a empreendimentos futuros ou, ainda, durante a sua execução, em períodos especificados na preparação do processo de planejamento. Nesse sentido, a avaliação pode ser desenvolvida tendo por base os relatórios de controle gerados ao longo da construção e a percepção de seus principais agentes intervenientes.

As seguintes etapas compõem a avaliação do processo de planejamento e controle da produção:

**(a) identificação de problemas:** nesta etapa, os problemas que ocorreram durante o período de avaliação são identificados. Nesse caso, pode-se realizar uma reunião com a participação do diretor técnico, do engenheiro e do mestre-de-obras, bem como dos subempreiteiros, encarregados dos serviços e de alguns fornecedores de materiais. A preparação de um relatório geral que detalhe as principais razões dos desvios da obra, a ser entregue aos participantes, pode auxiliar também no estabelecimento de ações de melhorias; e

**(b) desenvolvimento de alternativas:** identificados os problemas, parte-se para o desenvolvimento de alternativas. Nesse sentido, mediante *brainstormings*, pode-se identificar algumas alternativas a serem realizadas nos próximos empreendimentos da empresa ou nas próximas etapas da obra, caso esta última não tenha sido ainda finalizada no momento de realização da reunião de avaliação.

## Avaliação dos sistemas de planejamento e controle da produção durante a implementação

Para a discussão dos dados coletados nas empresas, buscou-se padronizar a maneira pela qual eles são apresentados. Dessa forma, procurou-se empregar indicadores similares nas empresas do grupo de modo a facilitar o processo avaliação do modelo.

Embora se tenha trabalhado em algumas empresas com o sistema de indicadores proposto por Oliveira (1999), apenas o PPC foi efetivamente inserido na rotina da maioria das empresas. Isso pode ser explicado pelo fato de que os demais indicadores normalmente demandavam tarefas adicionais para seu cálculo, encontrando, portanto, resistência por parte de alguns engenheiros e mestres para a sua utilização.

A partir dos dados coletados, pode-se verificar se houve uma correlação entre o PPC médio observado nas etapas de implementação e avaliação do modelo e os seus respectivos coeficientes de variação. Foram descartadas as obras em que foram realizadas apenas duas semanas de coleta e aquelas que não incorporaram as medidas necessárias para proteger a produção contra os efeitos da incerteza (requisitos de qualidade do plano de curto prazo). A Figura 5 apresenta um gráfico de regressão linear construído a partir dos dados coletados nas empresas supracitadas.

De acordo com essa figura, existe uma correlação negativa entre as variáveis PPC médio e o coeficiente de variação de 0,69. Isso indica que há uma tendência de

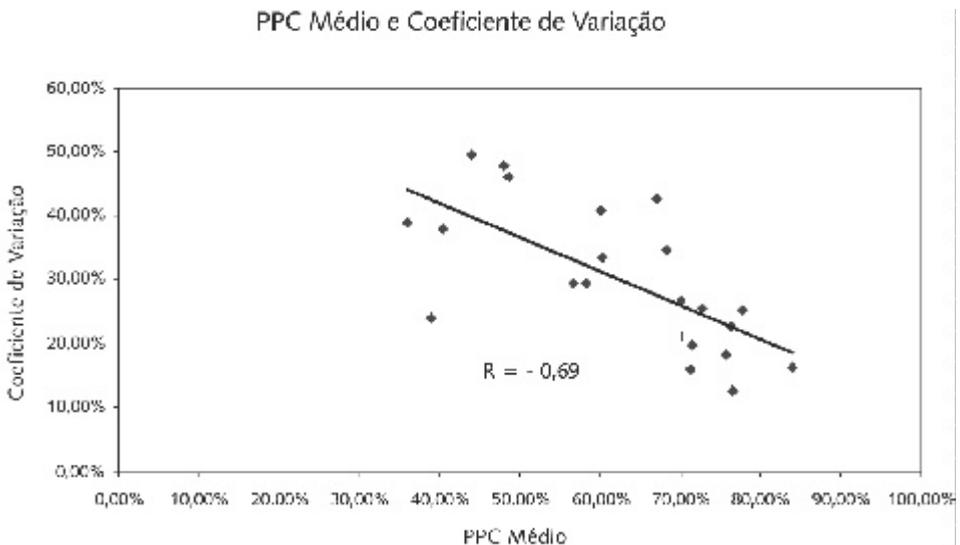


Figura 5 – Correlação linear entre o PPC médio e seus coeficientes de variação

diminuição do coeficiente de variação à medida que aumenta do PPC médio. Nesse caso, as evidências apresentadas nos estudos de caso permitiram verificar que, quando o processo de planejamento começava a ser desenvolvido com base nos requisitos de qualidade do plano de curto prazo, ocorria uma tendência de estabilização do ambiente produtivo, já que o PPC tendia a aumentar e o coeficiente de variação a diminuir.

Analisando comparativamente os resultados obtidos nas empresas estudadas, pode-se fazer as seguintes considerações:

(a) as empresas que apresentaram os menores coeficientes de variação, em geral, cumpriram parte dos requisitos de qualidade do plano de curto prazo, bem como buscaram integrar os níveis hierárquicos de planejamento. De acordo com observações realizadas durante a elaboração dos planos de curto prazo e análise dos planos preenchidos, os requisitos que os engenheiros e mestres tiveram mais dificuldade de cumprir foram os relativos à definição, tamanho e disponibilidade. O cumprimento desses requisitos repercutiu diretamente nos dados coletados, tornando o PPC menos variável;

(b) as empresas, na sua maioria, registraram que as principais causas de interferências nos planos de curto prazo foram advindas de problemas externos, como, por exemplo, chuva ou interferência por parte do cliente. Embora o registro dos problemas tenha sido acompanhado pelos pesquisadores responsáveis pelo trabalho, nas empresas de Santa Maria não se conseguiu verificar se os problemas registrados nas semanas em que a equipe de pesquisa não estava presente condiziam com a realidade. Isso pode ter acontecido porque as reuniões da equipe da pesquisa e as empresas participantes ocorriam quinzenalmente. O excesso de problemas externos pode denotar receio na identificação da real causa do problema e comprometer os resultados do trabalho. Esse receio pode ser provocado pela incompreensão das melhorias advindas com a utilização do novo sistema. Nesse caso, os funcionários envolvidos têm a percepção que o sistema serve para arquivar suas falhas (SZAJNA; SCAMELL, 1993);

(c) os principais problemas registrados e as observações realizadas na etapa de preparação dos planos de curto prazo permitiram concluir que os efeitos da in-

certeza são frequentemente negligenciados. Isso pode ser evidenciado nas obras das empresas que alcançaram altos percentuais de determinados problemas, como, por exemplo, falta de mão-de-obra empreitada (72% na obra 2 da empresa A), superestimação da produtividade (60% na obra 1 da empresa B) e condições adversas do tempo (60% na obra 1 da empresa D). A alta incidência desses problemas evidencia que as ações necessárias para a sua minoração não estavam sendo realizadas a contento e que suas sucessivas ocorrências não estavam sendo consideradas na definição dos pacotes de trabalho;

(d) coincidentemente, um problema detectado apenas nas empresas de Santa Maria foi a transferência de recursos de uma obra para outra. Embora não se possa caracterizar essas empresas pela ocorrência desse tipo de problema, essa evidência denota uma prática comum nas empresas participantes. Segundo os engenheiros dessas empresas, a transferência de funcionários ou equipes de produção foi utilizada como auxílio a uma obra na qual a disponibilização do recurso se fez necessária. Contudo, a transferência pode repercutir negativamente na produção de equipes cujas atividades estejam dentro do prazo planejado, devido à ausência de alguns de seus participantes. Desse modo, a ausência de um planejamento de transferências de recursos pode ser considerada principal causa de ocorrência desse problema;

(e) um outro problema evidenciado nas empresas participantes foi a inércia na tomada de decisão diante dos dados coletados. Nesse caso, pode-se salientar que algumas reuniões com essa finalidade ocorreram porque foram previamente agendadas pelos pesquisadores envolvidos no trabalho. Embora se tenha ressaltado a importância dessas reuniões, percebeu-se, com o prosseguimento do trabalho, que alguns gerentes não deram continuidade à sua realização.

Mesmo com os problemas apresentados e os baixos percentuais de eficácia da implementação e adequação do modelo, de maneira geral, constatou-se que o presente trabalho contribuiu para a melhoria do desempenho dos sistemas de PCP das empresas estudadas. Isso pode ser percebido a partir da análise da Figura 6.

A Figura 6 apresenta um gráfico que correlaciona o PPC médio e o coeficiente de variação das obras estudadas em duas fases da pesquisa. A primeira fase

corresponde ao período no qual os sistemas de PCP das empresas estavam sendo desenvolvidos e implementados. A segunda refere-se ao período posterior à implementação, cuja avaliação foi realizada após um período de um ano a um ano e meio, sem a presença do pesquisador nas empresas estudadas. As obras são identificadas por duas letras. A primeira representa a empresa à qual a obra pertence, e a segunda, o número da obra que foi analisada.

Conforme se pode perceber na Figura 6, existe uma maior concentração de obras da fase 2 na região direita inferior do gráfico do que de obras da fase 1. Isso significa que a maioria das obras da fase 2 apresentou melhores desempenhos no PCP, no que tange à redução da variabilidade (menores coeficientes de variação) e à eficácia do plano de curto prazo (PPC médio mais elevado), quando comparadas àquelas estudadas na primeira fase.

A Figura 6 indica que todas as obras das empresas A, C, D e J analisadas, na segunda fase, apresentaram melhores desempenhos no PCP do que as obras estudadas na primeira fase. Isso pode ser explicado porque o PPC médio das obras estudadas aumentou e seus respectivos coeficientes de variação diminuíram. A eficácia da implementação do modelo pode ser considerada uma das causas principais dessa melhoria.

No que tange à empresa I, verifica-se que o PPC médio da obra estudada na segunda fase (obra 3) foi inferior àqueles obtidos nas obras analisadas na primeira fase do trabalho (obras 1 e 2). Entretanto, percebe-se que o coeficiente de variação do PPC da obra 3 foi inferior àqueles obtidos nas obras da primeira fase. O mau desempenho da obra 3 ocorreu porque, naquela empresa, a maioria dos elementos do modelo foi descartada.

Com relação à empresa J, verifica-se que embora o PPC médio da obra 2 (segunda fase) tenha sido ligeiramente inferior ao da obra 1 (primeira fase), essa empresa conseguiu reduzir substancialmente o coeficiente de variação do PPC.

A empresa E foi a que apresentou os piores resultados entre as empresas estudadas. Nesse caso, embora a obra 2, estudada na primeira fase, tenha apresentado um PPC médio menor e um coeficiente de variação superior àqueles obtidos na



O plano de curto prazo é mais fácil de ser inserido na rotina da empresa, por ter uma frequência maior de preparação, análise e avaliação que os demais. Além disso, esse plano orienta diretamente as ações no canteiro de obra, que, em geral, são coordenadas pelo mestre-de-obras. Dessa forma, o envolvimento desse último profissional é imprescindível para a minimização de resistências à implementação.

Ainda no nível de curto prazo, deve ocorrer a análise dos problemas por causa dos quais as metas do plano não estão sendo cumpridas. Nesse caso, devem ser tomadas decisões que possibilitem a eliminação ou minimização desses problemas. Porém, sem o desenvolvimento do planejamento de médio prazo, é difícil atuar sobre restrições que causam interferência nos pacotes de trabalhos fixados no curto prazo.

Assim, após a implementação do planejamento de curto prazo, pode-se trabalhar no nível de médio prazo. Nesse caso, verifica-se que o desenvolvimento desse segundo nível deve contemplar a análise de fluxos físicos e de restrições de forma a possibilitar a designação de pacotes que podem ser executados sem interrupções.

À medida que a obra é executada, a análise das informações contidas nos planos de médio e de curto prazo pode facilitar a identificação dos ritmos de produção das diferentes equipes de trabalho. Isso permite uma tomada de decisões direcionada ao cumprimento dos prazos estabelecidos no plano de longo prazo.

## Referências bibliográficas

ALVES, T. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras:** Proposta Baseada em Estudo de Caso. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BALLARD, G. Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997, Australia. **Proceedings...** IGLC, 1997.

\_\_\_\_\_. **The Last Planner System of Production Control.** 2000. Tese (Doutorado) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: An Essential Step in Production Control. **Technical Report**, n. 97-1, 1997. Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California.

BERNARDES, M. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de produção.** 2001. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CARVALHO, M. **Método de intervenção no processo de programação de recursos de empresas construtoras de pequeno porte através do seu sistema de informação:** proposta baseada em estudo de caso. 1998. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CHOO, H.; TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. WorkPlan: Constraint-Based Database for Work Package Scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 3, p. 151-160, May-Jun. 1999.

COHENCA, D.; LAUFER, A.; LEDBETTER, F. Factors affecting construction planning efforts. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 115, n. 1, p. 70-89, Mar. 1989.

DAVIS, G.; OLSON, M. **Sistemas de Informacion Gerencial**. Colômbia: McGraw-Hill Latinoamericana, 1987.

FORMOSO, C. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects**. 1991. Tese (Doutorado) - University of Salford, Department of Quantity and Building Surveying, Salford, 1991.

FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, K. **Termo de referência para o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999a.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção, mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory Physics. Foundations of Manufacturing Management**. United States: Irwin McGraw-Hill, 1996.

KOTTER, J. What effective general managers really do. **Harvard Business Review**, v. 60, n. 6, p. 156-167, 1982.

LAUFER, A. **Simultaneous Management**. United States: AMACOM, 1997.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Competence and timing dilemma in construction planning. **Construction Management and Economics**, London, n. 6, p. 339-355, 1988.

394

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, United States, n. 5, p. 243-266, 1987.

MINTZBERG, H. **The Nature of Managerial Work**. New York: Harper & Row, 1973.

OGLESBY, C.; PARKER, H.; HOWELL, G. **Productivity Improvement in Construction**. United States: McGraw-Hill Inc, 1989.

OLIVEIRA, K. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção:** Proposta baseada em estudo de caso. 1999. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

PICCHI, F. **Sistemas de Qualidade:** uso em empresas de construção. 1993. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

SANVIDO, V.; PAULSON, B. Site-Level Construction Information System. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 118, n. 4, p. 701-715, Dec. 1992.

SHAPIRA, A.; LAUFER, A. Evolution of involvement and effort in construction planning throughout project life. **International Journal of Project Management**, New York, ASCE, v. 11, n. 3, Aug. 1993.

SINK, S.; TUTTLE, T. **Planejamento e medição para a performance.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SZAJNA, B.; SCAMELL, R. The Effects of Information System User Expectations on Their Performance and Perceptions. **MIS Quarterly**, p. 493-516, Dec. 1993.

TOMMELEIN, I. D. Construction site layout using blackboard reasoning with layered knowledge. In: ALLEN, Robert H. (Ed.). **Expert systems for civil engineers: knowledge representation.** New York: ASCE, 1992, p. 214-258. cap. 10. 287 p.

TOMMELEIN, I. Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 4, p. 279-288, Jul./Aug. 1998.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. Look-Ahead Planning: Screening and Pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2., 1997. São Paulo. **Anais...** 20-21 out. 1997.

# COLETÂNEA HABITARE

**Ricardo Rocha de Oliveira** é engenheiro civil (1988) pela UEL e mestre em Engenharia de Produção (1993) pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Professor Assistente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná desde 1995. Atualmente é diretor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Atua nas áreas de Processos Construtivos, Planejamento, Projetos e Controle de Sistemas de Produção e Controle de Qualidade.  
E-mail: [ccet@unioeste.br](mailto:ccet@unioeste.br)



# 12.

## Metodologia para melhoria da qualidade e produtividade em obras habitacionais de caráter repetitivo

Ricardo Rocha de Oliveira

### Resumo

O projeto teve como objetivo o desenvolvimento e implementação de uma metodologia para obras de caráter repetitivo que possibilitassem às empresas construtoras coletar, organizar, analisar e utilizar os dados de seus processos produtivos para garantia da qualidade e obtenção de melhorias da produtividade. Descrevem-se os principais resultados do projeto, apresentando-se conceitos sobre qualidade e produtividade em obras repetitivas, a metodologia de coleta de dados, os resultados e discussões e as conclusões obtidas no desenvolvimento do projeto.

397

### Conceitos preliminares: obras repetitivas e efeito aprendizagem

As obras de caráter repetitivo possuem características especiais, discutidas em diversos estudos e artigos da literatura nacional e internacional (ALMEIDA et al., 1998; COMMITTEE ON HOUSING, BUILDING AND PLANNING, 1965). Nessas obras, surge um fenômeno denominado efeito aprendizagem, o qual possi-

bilita melhorias de serviços nas obras, por meio da continuidade e repetição da execução. A contínua repetição faz com que o operário se adapte às condições de trabalho, melhorando gradativamente a qualidade dos serviços e fazendo com que as variações diminuam ao longo do trabalho. Há vários trabalhos que comprovam a validade dessa técnica, demonstrando aumentos expressivos da produtividade em obras, e alguns abordam melhorias em indicadores de qualidade (SANDERS; THOMAS, 1991).

É fenômeno conhecido que a repetição de uma tarefa, o treinamento e a aprendizagem na sua execução, enfim, a experiência conduzem a um melhor desempenho, ou seja, ao aumento da produtividade (HEINECK, 1991). Várias são as razões que explicam o efeito aprendizagem: (a) familiarização com o trabalho; (b) melhoria da coordenação da equipe e dos equipamentos; (c) melhoria na organização do trabalho; (d) melhor gerenciamento e supervisão no dia-a-dia; (e) desenvolvimento de melhores métodos de execução; (f) melhores formas de suprimento às tarefas; e (g) menores alterações nos trabalhos e redução de retrabalho (THOMAS et al., 1986).

A melhoria nos índices de produtividade por meio da repetição de tarefas foi observada pela primeira vez por Wright, na fabricação de aviões. Wright formulou uma lei, conhecida por seu nome, segundo a qual cada vez que se dobra o lote de produção, o esforço médio para realizá-lo (em termos de homens-hora) declina à razão de uma determinada porcentagem do lote anterior. No esforço de reconstrução da Europa no pós-guerra, esse fenômeno também foi observado na construção de conjuntos habitacionais de casas e de edifícios. Verifica-se que, em geral, o efeito aprendizagem só ocorre em canteiros organizados, planejados, nos quais o ritmo de trabalho é ditado pelo homem, e quando o operário está motivado, em geral, recebendo complementação salarial, em função do seu aumento de produtividade. Devido a essa situação, surge a idéia do efeito continuidade. Não basta que o canteiro seja repetitivo, havendo necessidade de que os operários se desloquem sem interrupção de um local de trabalho para outro. Além disso, na execução da própria tarefa, não deve haver paradas devido à falta de materiais, falta de detalhamento construtivo, interferência de outras tarefas, desbalanceamento e falta de elementos na equipe de trabalho. O planejamento do canteiro e a programação da obra devem ser realizados de forma a suprir tais condições (HEINECK, 1991).

Para aplicação dessa metodologia, são consideradas obras repetitivas, neste

trabalho, as edificações que apresentem um número mínimo de repetições em suas unidades:

- prédios isolados: edifícios compostos de, no mínimo, dez pavimentos tipo ou dez unidades repetitivas (salas, apartamentos, paredes semelhantes, etc.);
- conjuntos prediais: conjuntos formados por dois ou mais blocos, com no mínimo dez repetições de pavimentos ou apartamentos tipo; e
- conjuntos habitacionais compostos de mais de dez unidades repetitivas.

Neste trabalho, foram estudados os tipos de obras mencionados acima. Apesar de se indicarem como obras repetitivas edifícios e conjuntos habitacionais, a metodologia pode ser aplicada a outras tipologias, entre elas obras em estradas (que dependem da repetição dos serviços de pavimentação por quilômetros), em redes de água e de esgoto, ou outros tipos que apresentem o caráter repetitivo.

## Método de pesquisa

### Considerações gerais

O projeto apresenta uma metodologia na qual, inicialmente, faz-se uma análise das obras para verificação do seu caráter repetitivo e obtenção de informações sobre a logística dos processos produtivos. Após a escolha dos serviços, é realizada a coleta de dados através de planilhas desenvolvidas especificamente para cada atividade. A partir dos dados coletados, são gerados bancos de dados que são analisados e discutidos, mediante gráficos e tabelas descritos a seguir.

### Coleta e análise de dados de produtividade

As coletas e análises dos dados de produtividade das obras ocorreram em duas etapas. Entre os anos de 1997 e 1999, obtiveram-se dados de 17 serviços em cinco obras, conforme os Quadros 1 e 2. Para o banco de dados formado por esses serviços, foram feitas as seguintes análises: forma de execução dos serviços ao longo do tempo (continuidade/interrupções, identificação de problemas durante a execução, etc.), identificação da existência ou não do efeito aprendizagem, utilização de diferentes equipes e seus efeitos na produtividade, variação da produtividade ao longo dos ciclos de produção e variação da produtividade ao longo dos dias da semana.

Obra	Descrição geral	Características
Obra 1.1	Edifício comercial composto de galeria de lojas e torre com salas comerciais (unidades). Obs.: dados coletados na primeira torre.	17 pavimentos tipo compostos de 4 unidades, 3 subsolos e térreo.
Obra 1.2	Edifício residencial composto de kitnetes (unidades) e galeria com lojas no térreo.	16 pavimentos tipo compostos de 6 kitnetes, cobertura com salão de festas, térreo e subsolo.
Obra 1.3	Edifício composto de apartamentos residenciais.	12 pavimentos tipo compostos de 2 apartamentos, dois pavimentos duplex, térreo e subsolo.
Obra 1.4	Conjunto residencial composto de 8 blocos. Obs.: dados coletados e analisados em dois blocos.	Blocos formados por térreo mais 4 pavimentos tipo composto de 4 apartamentos residenciais.
Obra 1.5	Conjunto residencial composto de 8 blocos. Obs.: dados coletados e analisados em dois blocos.	Blocos formados por térreo mais 6 pavimentos tipo composto de 4 apartamentos residenciais.

Quadro 1 – Características das obras pesquisadas na fase 1 (1997/1999)

Serviços	Obra 1.1	Obra 1.2	Obra 1.3	Obra 1.4	Obra 1.5
Estrutura	Estrut1.1	Estrut1.2	Estrut1.3	Estrut1.4	Estrut1.5
Alvenaria Interna	Alv-int1.1	Alv-int1.2			
Alvenaria Externa	Alv-ext1.1		Alv-ext1.3		
Reboco Interno	Reb-int1.1				
Reboco Externo	Reb-ext1.1	Reb-int1.2			
Reboco de Teto	Reb-tet1.1	Reb-tet1.2	Reb-tet1.3		
Contrapiso	Con-pis1.1	Con-pis1.2			

Quadro 2 – Serviços pesquisados na fase 1 (1997/1999)

No ano de 2000, foram coletados dados de 14 serviços em seis obras, conforme os Quadros 3 e 4. Para esse banco de dados, foram feitas análises sobre a variabilidade dos índices de produtividade, utilizando-se dois tipos de gráficos: variabilidade da produtividade diária e variabilidade da produtividade média diária acumulada.

Obra	Descrição geral	Características
Obra 2.1	Edifício residencial composto de oito blocos.	Dois blocos, com quatro pavimentos, contendo 128 apartamentos no total.
Obra 2.2	Edifício residencial. As garagens são no subsolo, com duas vagas para cada apartamento. No pavimento térreo estão localizadas áreas como o hall de entrada social e lazer.	Composto de 17 andares, sendo 2 apartamentos tipo por andar e duas coberturas duplex. Área total: 10.798,71 m <sup>2</sup>
Obra 2.3	Edifício residencial. obra destinada a fim residencial.	3 blocos, com 4 pavimentos cada, 4 apartamentos por andar (16 apartamentos) e 3 salões de festas. Área total: 4.106,7 m <sup>2</sup>
Obra 2.4	Obra pública. pronto socorro municipal e hospital da criança.	Obra térrea Área total: 2.265,00 m <sup>2</sup>
Obra 2.5	Empreendimento de caráter comercial, com duas lojas.	Loja 1 totalmente térrea, loja 2 possui, além do térreo, mais dois pavimentos. Loja 1 = Total: 4.524,89 m <sup>2</sup> Terreno: 9.434,69 m <sup>2</sup> Loja 2 = Total: 13.413,18 m <sup>2</sup>
Obra 2.6	Fábrica de silos e secadores, com um pavimento térreo, pé-direito de 9 metros, fechamento lateral até 3 metros, pilares laterais com 6 metros em concreto pré-moldado.	Obra privada, construída em estrutura de concreto armado Área total: 9.072 m <sup>2</sup> Terreno: 21.500 m <sup>2</sup>

Quadro 3 – Características das obras pesquisadas na fase 2 (2000)

Serviços	Obra 2.1	Obra 2.2	Obra 2.3	Obra 2.4	Obra 2.5	Obra 2.6
Alvenaria Int.	Alv-int2.1	Alv-int2.2		Alv-int2.4		
Alvenaria Ext.	Alv-ext2.1					
Reboco Int.	Reb-int2.1		Reb-int2.3			
Reboco Ext.	Reb-ext2.1					Reb-ext 2.6
Reboco Teto	Reb-tet2.1					
Cal fino Teto	Cal-tet2.1					
Regul. Piso	Reg-piso 2.1					
Assent. Piso					Asse-pis 2.5	
Contrapiso					Con-pis 2.5	Con-pis 2.6

Quadro 4 – Serviços pesquisados na fase 2 (2000)

O conceito de produtividade associada a um dado sistema produtivo utilizado no trabalho é o de um índice que compare a produção do sistema com os insumos que foram consumidos para essa produção em um período (dia, mês ou ano). Esse número, designado como índice de produtividade, é expresso pela Equação 1:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Horas trabalhadas ou Hh}}{\text{Produção física}} \quad (1)$$

Cabe mencionar que a produtividade é apresentada na forma de consumo de recursos por unidade de produção ou consumo do recurso. Utiliza-se essa forma por ser a mais comum na Construção Civil, principalmente em orçamentos de obras. Nas indústrias em geral, utiliza-se o inverso da Equação 1, apresentando produtividade como produção física dividida pelo recurso. Destaca-se ainda que, na forma adotada no trabalho, quanto maior o índice de homens-hora (Hh) por produção física, pior será a produtividade, pois houve um maior consumo de mão-de-obra por serviço efetuado.

Portanto, utiliza-se a medição do insumo mão-de-obra, um indicador comum na literatura de produtividade e também na Construção Civil. Esse indicador é de obtenção relativamente simples para as empresas, porque é possível padronizar as formas de coleta nas obras. Além disso, a maioria dos processos na Construção Civil ainda usa intensivamente a mão-de-obra. Quanto à medição da produção, ela se refere ao nível de atividades ou serviços, tais como: alvenaria, revestimentos e pavimentação. Na medição do insumo mão-de-obra, considera-se a equipe diretamente relacionada à atividade, como definido por Souza (2000).

Com a finalidade de proporcionar uma interpretação adequada e evitar erros na coleta, foram desenvolvidas planilhas de produção. Como desenvolvimento da pesquisa, para a etapa realizada durante o ano 2000, foram elaborados um manual e um conjunto de planilhas para apropriação dos dados de execução de alvenarias, revestimentos e pisos, cuja principal função é a de evitar a coleta dos dados de maneira diferente da recomendada. De modo geral, as planilhas apresentam dados sobre entradas, saídas e sobre ocorrências diárias extraordinárias. Um exemplo desse tipo de planilha é o Quadro 6. Os manuais e planilhas foram divididos em seis tópicos fundamentais, designados por siglas, conforme mostra o Quadro 5, constituindo as informações necessárias ao processo de coleta: características gerais da obra; características gerais dos serviços; padronização das medidas das saídas; dados da mão-de-obra e produção; coleta diária e observações. Após a obtenção dos dados, estes foram organizados, formando um banco de dados, para realizar as análises.

Planilha	Sigla		
	Alvenaria	Revestimento	Pavimentação
Características Gerais da Obra	C1		
Características Gerais dos Serviços	A1	R1	P1
Padronização das Medidas	A2	R2	P2
Mão-de-Obra e Produção	A3	R3	P3
Coleta Diária	D1		
Observações	O1		

Quadro 5 – Siglas para identificação das planilhas

Coleta diária											Planilha D1	
Empresa		Obra							Ponto			
Engenharia		Apontador							Número			
Início	Quant.	H.1 of	H.1 serv	Of/Serv	Unidade	Temp.	Dia	Dia da	Nº NF U.L.	Condições	Cres.	
Nº	(M <sup>2</sup> )				relativa	Média		semana		simétricas		
					duas					Avançada	Paralela	
							///					
							///					
							///					
							///					
							///					
							///					
							///					
							///					
Comentários (Problemas com início de obra, equipamento, materiais, acesso, canteiro, etc.)												

Quadro 6 – Planilha de coleta diária de alvenaria

## Coleta e análise de indicadores de qualidade

Com respeito aos indicadores de qualidade, o projeto realizou estudos exploratórios, buscando desenvolver o uso do Controle Estatístico do Processo (CEP) em obras de caráter repetitivo. Foram estudados procedimentos para coleta de dados em obras, escolha de indicadores, definição do tamanho das amostras e frequência para sua coleta, forma de organização dos dados coletados, geração de gráficos de controle e uso das informações na manutenção dos índices de qualidade.

Para a implantação do sistema de controle em uma empresa, esta necessita, primeiramente, analisar os serviços a serem observados. São estabelecidos critérios de seleção, iniciando-se pelos serviços considerados prioritários para a empresa, que podem ser: (a) aqueles que apresentam maior custo, (b) os que demoram mais tempo para serem concluídos, (c) os que levam a retrabalhos ou (d) aqueles que possuem grande número de reclamações por parte dos clientes, internos ou externos.

Feita a seleção dos serviços, são analisados os procedimentos de execução de cada um deles para realização da escolha dos indicadores, que são as características mais importantes de cada produto, ou seja, os itens de controle de cada serviço. Verificam-se ainda as especificações para cada indicador, além de unidades e equipamentos de medida. Por exemplo, para o serviço de elevação de alvenaria, os indica-

dores são esquadro, prumo, nível, alinhamento, juntas verticais e horizontais, vãos de portas e janelas, e aperto.

A partir da definição dos indicadores, monta-se a planilha de coleta de dados, que deve conter dados sobre a obra, local, data e horário da medição, indicadores e especificações do produto, além de ser de fácil compreensão e manuseio.

É feita uma planilha para cada serviço, pois estes possuem especificações e indicadores variados. Cada amostra contém um subgrupo de itens de tamanho dependente da variação do processo. Na Figura 1, verifica-se que cada amostra é composta de cinco valores, e que uma amostra equivale às anotações referentes a uma determinada data de medição por indicador. O valor de cada amostra será a média desses cinco itens.

Obra		Serviço																	
Eng. Área		Aperto					Juntas					Alinhamento							
Data-hora		(2,5 - 3,5 cm)					(1,2 - 1,8 cm)					(< 50mg/600)							
		A1	A2	A3	A4	A5	Média	A1	A2	A3	A4	A5	Média	A1	A2	A3	A4	A5	Média
	10:00-08:00																		
	10:00-10:00																		
	10:00-12:00																		
	10:00-14:00																		
	10:00-16:00																		
	10:00-18:00																		
Data-hora		Nível					Esquadro					Prumo							
		(± 5 mm)					(± 3 mm)					(± 5 mm)							
		A1	A2	A3	A4	A5	Média	A1	A2	A3	A4	A5	Média	A1	A2	A3	A4	A5	Média
	10:00-08:00																		
	10:00-10:00																		
	10:00-12:00																		
	10:00-14:00																		
	10:00-16:00																		
	10:00-18:00																		

Figura 1 – Planilha de controle da qualidade do serviço de alvenaria de vedação

A coleta deve ser realizada de forma precisa, nos locais e horários predeterminados ou após a execução de determinada quantidade de serviço, sendo sempre realizada na seqüência de execução do serviço, devido ao efeito aprendizagem que ocorre nas obras de caráter repetitivo.

A pessoa responsável pela coleta deve ser treinada para empregar equipamentos adequados para medição que possuam a precisão desejada. Como a coleta é realizada através de amostras, ou seja, não é realizada uma inspeção em 100% do produto, deve-se fazer as leituras aleatoriamente, sem se voltar para aquelas que visualmente apresentem defeitos ou estejam dentro dos padrões de qualidade desejados, para que o controle seja estatístico.

O número de amostras a serem coletadas e a frequência da amostragem dependem do serviço que está sendo analisado, da sua produtividade, do custo de amostragem e das perdas associadas à operação do processo em uma condição fora de controle. O intervalo de medição entre uma amostra e outra deve ser tal que não permita uma grande variação no processo (WERKEMA, 1995). Como o trabalho desenvolveu somente estudos exploratórios, são apresentados apenas os resultados sobre índices de produtividade.

## Resultados e análises

### Resultados sobre índices de produtividade – fase 1

Após a organização do banco de dados, as análises ocorrem basicamente através da elaboração de gráficos e tabelas, o que facilita a análise do processo, possibilitando a identificação dos fatores atuantes sobre a produtividade e permitindo a verificação da necessidade de algum tipo de intervenção nos processos.

A primeira análise é feita através do diagrama espaço/tempo, identificando-se a ordem de execução, as interrupções e a realização de trabalhos em diferentes pavimentos, ao mesmo tempo. Serviços como o apresentado na Figura 2 são caracterizados pela continuidade, em que o fluxo de trabalho ocorre sem interrupções.

Um exemplo típico de deficiência no planejamento e execução de um serviço é apresentado na Figura 3. Observa-se que na execução houve interrupções nos vários pavimentos, devido a problemas de disponibilidade de recursos, tais como materiais e equipamentos ou ainda por uma variação muito intensa nas equipes de trabalho. Esses itens inviabilizaram a realização contínua do serviço.

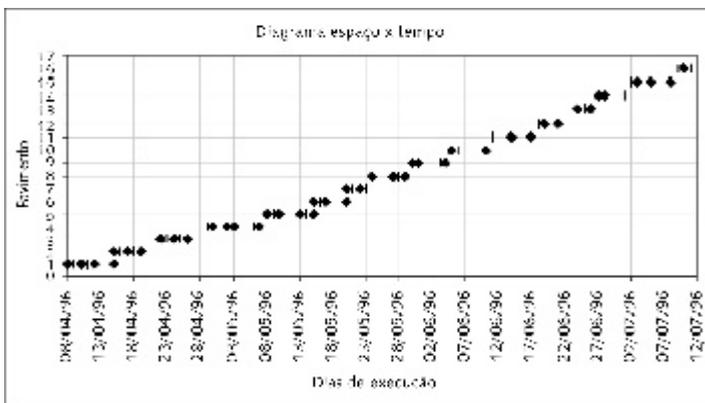


Figura 2 – Dias gastos para execução da alvenaria interna da obra 1.2

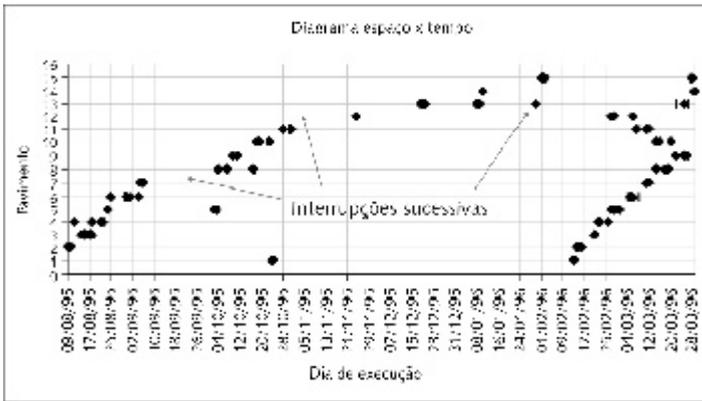


Figura 3 – Dias gastos para execução da alvenaria externa da obra 1.2

Outro tipo de análise é a dos índices de produtividade ao longo da execução do serviço. Nas obras de caráter repetitivo, é típica a ocorrência do fenômeno conhecido como efeito aprendizagem: melhoria nos índices a partir da repetição e continuidade dos processos. A Figura 4 apresenta um caso de melhoria dos índices de produtividade dos serviços de execução de estruturas de concreto armado dos edifícios 1.1, 1.2 e 1.3, no qual se observa a redução no consumo de mão-de-obra, com a evolução da execução dos pavimentos. Os dados podem ser utilizados para construção de equações que representam o fenômeno, conforme apresentado na Figura 5 e na Tabela 1. Esses valores permitem a criação de índices de referência, facilitando comparações entre os serviços executados, bem como o controle de ciclos de produção.

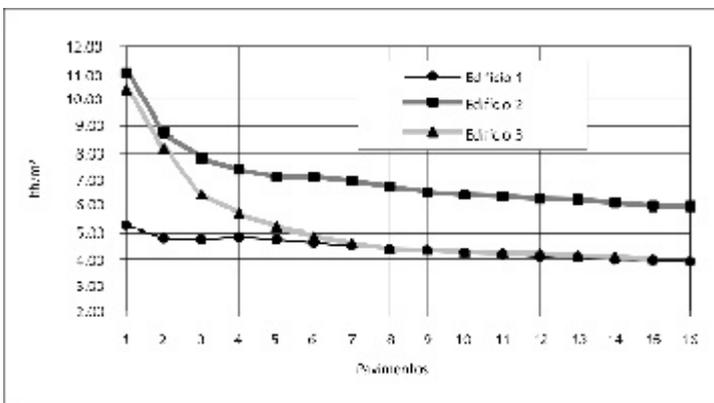


Figura 4 – Dados sobre consumo de mão-de-obra na execução da estrutura dos prédios

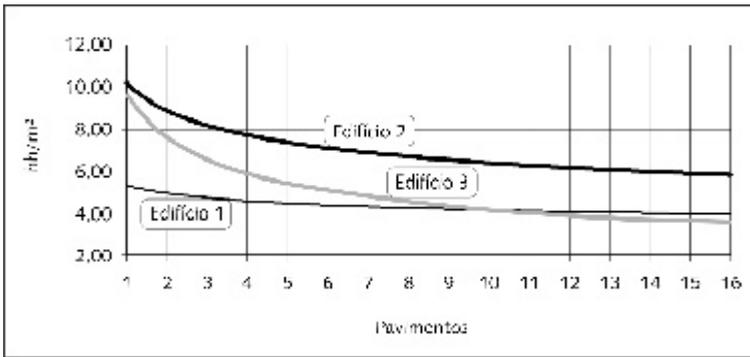


Figura 5 – Regressões do consumo de mão-de-obra na execução da estrutura dos prédios

Edifício	Equação	R <sup>2</sup>	Lei de aprendizagem
1.1	$Y_x = 5,3989 X^{0,1073}$	0,9005	93%
1.2	$Y_x = 10,234 X^{0,2076}$	0,9674	87%
1.3	$Y_x = 9,7557 X^{0,3540}$	0,9654	78%

Tabela 1 – Equações e parâmetros das regressões

Quanto à influência dos diferentes tipos de equipes sobre a produtividade, na Tabela 2, apresenta-se a variação dos índices em função dos diferentes números de operários. Esses valores são representados no gráfico da Figura 6. Nos diversos serviços estudados, tem-se verificado uma tendência de maior produtividade para pequenas equipes, observando-se que equipes maiores apresentam dificuldades de coordenação. Essa é uma informação importante, no planejamento de uma obra, para a escolha das equipes adequadas. Pode-se verificar na Figura 7 que o custo para execução de um serviço varia com a equipe. Normalmente, as equipes menores, que são mais produtivas, gastam mais tempo para a execução do conjunto dos serviços, porém levam a um custo menor. As equipes maiores, apesar de menos produtivas, realizam o conjunto dos serviços de forma mais rápida, por contar com um número maior de operários. Esse é um dado muito importante, que pode ser utilizado em obras semelhantes, quando o planejamento deve levar em conta questões de custo e tempo.

Equipes	2/1	3/2	3/4	4/2	4/3	5/2
N.º Operários	3	5	7	6	7	7
Produtividade (m <sup>2</sup> /h)	1,95	1,40	1,46	1,35	1,35	1,50

Tabela 2 – Produtividade das equipes e número de dias trabalhados

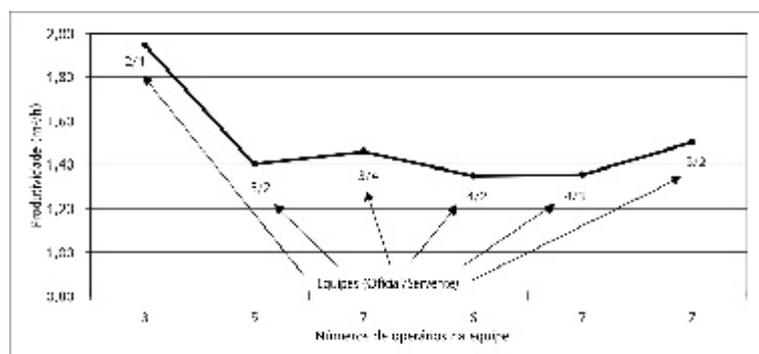


Figura 6 – Comportamento da produtividade em função da variação das equipes

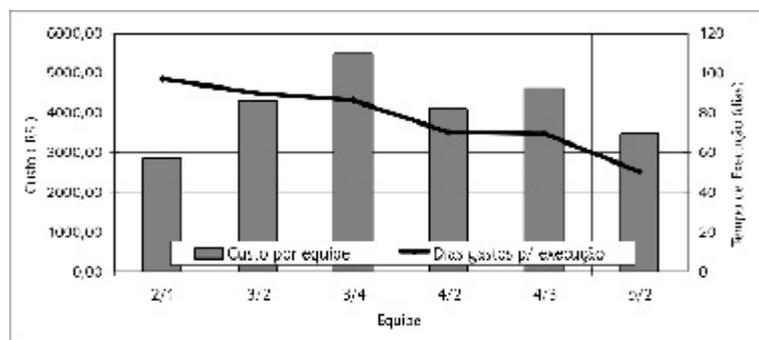


Figura 7 – Gráfico do custo e tempo de execução

Em vários dos serviços analisados, não se observou a ocorrência do efeito aprendizagem, devido às diversas interrupções ao longo da execução do serviço, conforme evidenciado na Figura 3, ou à falta de continuidade das equipes (emprego de diversas equipes ao longo da execução de um serviço), como apresentado na Figura 8, o que impedia o aproveitamento da oportunidade de aprendizado.

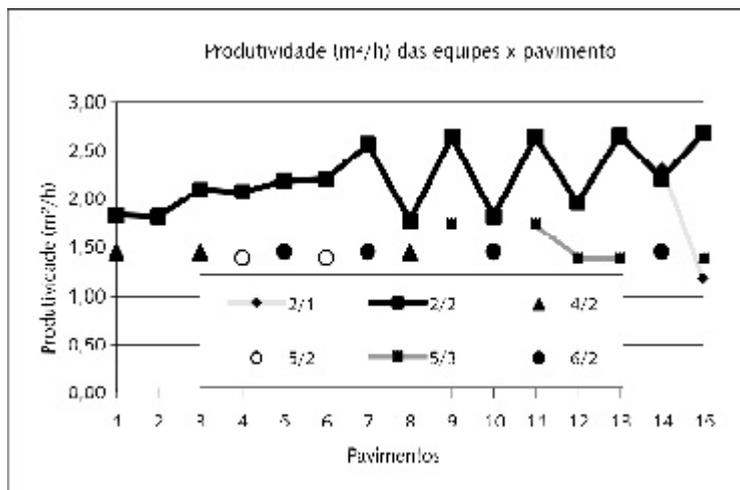


Figura 8 – Equipes utilizadas na execução do serviço reb-int1.2

Além dos gráficos apresentados, também foram analisados outros que relacionam: produtividade ao longo dos dias de semana; produção física e homens-hora por pavimento; produtividade e custo diário; comparação do consumo e duração de execução por unidade repetitiva; e custo total do serviço comparado ao número de dias executados pela equipe. Esse conjunto de análises permitiu evidenciar diversos fatores que influenciaram a produtividade nas obras estudadas.

## Resultados sobre variabilidade dos índices de produtividade – fase 2

410

Durante a execução da primeira fase, observou-se uma intensa variabilidade nos dados de produtividade. Devido a essa situação, desenvolveu-se uma metodologia para análise da variabilidade dos índices.

Os processos produtivos apresentam variabilidade. Nota-se que um processo não produz sempre os mesmos resultados. Mesmo um processo automatizado possui oscilação inerente a ele, e essa variação é inevitável. O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma técnica que vem sendo usada em várias indústrias como forma de detectar e controlar a variação de características de produtos (CARVALHO, 1991).

Para controle da produção, utilizam-se gráficos de controle, montados a partir de dados de avaliação de características de amostras coletadas periodicamente, ao longo da fabricação dos produtos. Esses gráficos podem ser usados para distinguir as causas especiais de variação da produção das causas crônicas. Quando há muita instabilidade dos processos, ela é refletida na variabilidade dos dados. Contudo, com eles pode-se estabelecer valores de referência para avaliação da performance atual ou de alternativas de produção. Os fatos esporádicos que causam grandes variações devem ser devidamente anotados, pois servirão como referência para futuras investigações, a fim de eliminar as suas causas (SANTOS, 1995).

Quanto aos índices de produtividade na Construção Civil, constata-se intensa variabilidade nos indicadores. Alguns autores sugerem que os valores de consumo de mão-de-obra apresentam variações da ordem de +/-20% (HEINECK; PANZETER, 1989). Apesar de haver indicações de uso de gráficos de controle para a produtividade (SANTOS, 1995), até o momento não se observa uma metodologia completa de levantamento e análise de dados da produtividade, adequada às características do setor.

Ryser (1999) define como produtividade cumulativa a relação entre horas trabalhadas ou homens-hora (Hh) gastos, dividida por homens-hora estimados, sendo os gastos, de fato, a quantidade de horas consumidas e o estimado, a quantidade contida no orçamento para a execução do serviço.

Se o valor desse indicador for baixo, existe uma eficiência elevada, sendo possível atingir entre 0,80 e 0,85 da produtividade prevista. Normalmente, a produtividade, devido à curva de aprendizagem, apresenta no início do serviço um resultado ligeiramente ineficiente e melhora com o tempo. No fim, ocorre uma diminuição na produtividade, devido ao chamado efeito desmobilização.

Ryser (1999) considera que a variabilidade dos índices de produtividade na Construção Civil é normal se estiver situada na faixa de 0,80 a 1,20 da produtividade prevista. Caso os valores da produtividade média fiquem fora dessa faixa, de acordo com esse autor, há problemas na condução do serviço e ocorreram situações que devem ser investigadas, pois interferiram na produtividade.

Thomas e Zavrski (1999) propuseram uma forma de modelar a produtividade na execução de serviços da Construção Civil, afirmando que, quando um projeto não apresenta elevada complexidade e há uma boa administração, a produtividade diária também é relativamente constante e padrão. A proposta dos autores é a análise

da produtividade diária em relação a um potencial da obra, que é uma linha-base, calculada conforme procedimentos expostos no Quadro 7. Essa sistemática define valores máximos para a variabilidade individual da produtividade (ou diária), propondo um limite superior.

01	Determine 10% dos dias de trabalho totais.
02	Arredonde esse número para o próximo número inteiro mais alto (esse número não deve ser inferior a 5). Esse número <i>n</i> define o tamanho do subconjunto de linha-base (número de dias).
03	São selecionados os conteúdos do subconjunto de linha-base como os dias de trabalho de <i>n</i> que têm produção diária mais alta.
04	Durante esses dias, faça nota da produtividade diária.
05	A produtividade potencial de um conjunto específico de dados é a mediana dos valores das produtividades diárias no subconjunto. Esse valor é denominado produtividade potencial individual (PROPi) e representa um valor possível de ser atingido, para aquele serviço em particular.
06	A produtividade da linha-base é a média dos valores de produtividade potencial de vários serviços semelhantes. Esse valor é denominado produtividade potencial (PROP), que é obtida pela média das produtividades dos <i>n</i> serviços semelhantes ( $PROP = \text{somatório } 1 \text{ a } n \text{ dos } PROPi, \text{ dividida por } n$ ) e representa um valor possível de ser atingido, para aquele tipo de serviço.
07	Define-se um limite superior para a produtividade, igual a duas vezes a produtividade-base (limite superior = 2 x produtividade-base).

Com essa linha-base, tem-se um parâmetro para analisar dias considerados anormais, que seriam os situados acima de um limite superior (máximo). Esse limite superior é definido como duas vezes o valor da produtividade da linha-base. Thomas e Zavrski (1999) consideram que a variabilidade nos valores individuais (diários) da produtividade na Construção Civil é normal se está situada nessa faixa.

Para analisar o desempenho da produtividade na execução de serviços em obras, são calculados parâmetros de desempenho. Esses parâmetros são o DÍe CPM.

O DI significa *Disrupte Index*, conforme nomenclatura em inglês definida por Thomas e Zavrski (1999).

O DI mede a variabilidade dentro de um único serviço. É uma medida de até que ponto houve dias de trabalho anormais no serviço, conforme a Equação 2.

$$DI = \frac{\text{Número de dias de trabalho acima do limite máximo}}{\text{Número total de dias de trabalho}} \quad (2)$$

O intervalo de valor de DI é entre 0,0 e 1,0. Quanto mais alto o DI, mais dias de trabalho anormais houve no serviço. Um valor de DI = 0,20 significa que 20% dos dias tiveram um valor maior do que o máximo aceitável. Quanto maior o valor de DI, maior variabilidade nos valores individuais da produtividade. Um DI baixo significa baixa variabilidade.

A produtividade média cumulativa final (PROM) inclui influências do tipo de serviço a ser executado e do gerenciamento da obra. Tomando a linha-base ou produtividade potencial (PROP) como um valor referencial e possível de ser atingido pelo serviço, um índice de medida da qualidade de gerenciamento é o valor final da produtividade média. Para obter essa medida, adotou-se um coeficiente que relaciona a produtividade média com o valor potencial do serviço ou linha-base. Denominou-se esse coeficiente de Coeficiente de Produtividade Média (CPM), que relaciona a produtividade média acumulada final (PROM) e o valor da produtividade potencial média (PROP), que pode ser considerada como a média dos melhores dias ou do valor mínimo de consumo dos serviços semelhantes. Enfim, no cálculo do CPM, será utilizada a média dos valores mínimos, ou seja, a produtividade potencial para o conjunto de serviços semelhantes, e para cada conjunto de dados divide-se esse valor pela média acumulada final de cada um, conforme a Equação 3.

$$CPMi = \frac{\text{Produtividade média acumulada final de um serviço ou PROMi}}{\text{Média do valor mínimo de consumo dos serviços semelhantes ou PROP}} \quad (3)$$

Caso o CPM esteja próximo de 1,0, isso significa que o valor da produtividade média ficou perto do valor mínimo, que é um valor potencial dos serviços apropriados ou possível de ser atingido. Por exemplo, se o valor do CPM for 1,05, isso quer dizer que o valor da média ficou 5% acima do valor potencial, ou seja, de forma

geral, a produtividade ao longo dos dias deve ter ficado próxima ao mínimo. Provavelmente, a obra possuía um bom gerenciamento e um projeto adequado. Já no caso de se obter um valor de CPM igual a 2,70, a produtividade média ficou 170% acima do potencial, indicando que a obra possuía problemas gerenciais, devendo ser analisados os fatores que afetaram negativamente a produtividade. Se o valor for abaixo de 1,00, isso quer dizer que a produtividade foi menor que a do potencial, devendo-se analisar o diferencial que possuía a obra para que esse valor fosse reduzido.

A relação entre a produtividade base ou potencial (PROP) e a produtividade média final de um serviço (PROMi) pode ser expressa também pela Equação 4.

$$PROMi = CPMi \times PROP \quad (4)$$

Como resultados disponíveis, obtiveram-se diversos gráficos de identificação da produtividade. Obteve-se também uma padronização na forma deles, na qual o gráfico denominado Variabilidade 1 define o comportamento, ou seja, os pontos devem estar próximos da linha da média para que se tenha uma boa produtividade. Já o gráfico denominado de Variabilidade 2 é relacionado com as linhas de máximo e mínimo, se os pontos estão dentro desse intervalo.

De posse dos gráficos e das planilhas de produção, deve-se fazer uma análise e obter os fatores que afetam a produtividade em cada serviço e em cada obra. Por exemplo, no caso do trabalho, observando-se as Figuras 9 e 10, pode-se verificar as seguintes situações:

- (a) no início da atividade (1) houve o chamado efeito mobilização, no qual a produtividade foi menor que a média final. Ao longo da execução, com o denominado efeito aprendizado, o consumo de mão-de-obra reduziu-se;
- (b) no ponto (2) a produtividade foi prejudicada pela falta de material e mudança na equipe, ocasionando um aumento no consumo de mão-de-obra;
- (c) no ponto (3) pode-se verificar que ocorreu uma interrupção no serviço por alguns dias, levando a uma descontinuidade que prejudicou os índices de produtividade;
- (d) e, por último, no ponto (4), ocorreu uma diminuição da produtividade devido ao chamado efeito de fim, ou seja, um aumento do consumo de mão-de-obra acarretada por situações como desmobilização, realização de serviços mais complicados que foram deixados para o final da tarefa, falta de motivação ao se aproximar do fim dos serviços, etc.

De uma forma geral, os gráficos Variabilidade 1 e Variabilidade 2, no serviço em análise, demonstram um comportamento típico na execução de obras. Inicialmente, os índices apresentam um consumo de mão-de-obra maior que a média final. Ao longo da execução, os consumos reduzem-se, devido ao entrosamento da equipe e de melhorias obtidas no chamado efeito aprendido. Nos últimos dias de execução, ocorre o efeito de fim, caracterizado por um consumo de mão-de-obra maior. Durante a execução do serviço, ocorre uma variação nos índices, devido ao efeito aprendido e também a situações que ocorrem no canteiro, tais como falta de materiais, interrupções, alteração nas equipes, problemas com equipamentos, entre outros. O controle durante a execução é importante para que os índices previstos no planejamento e orçamento da obra possam ser atingidos. No serviço apresentado no trabalho, a variabilidade e os índices finais estão dentro de padrões aceitáveis, apesar de um início com consumo bem superior à média final e das situações apresentadas na análise.

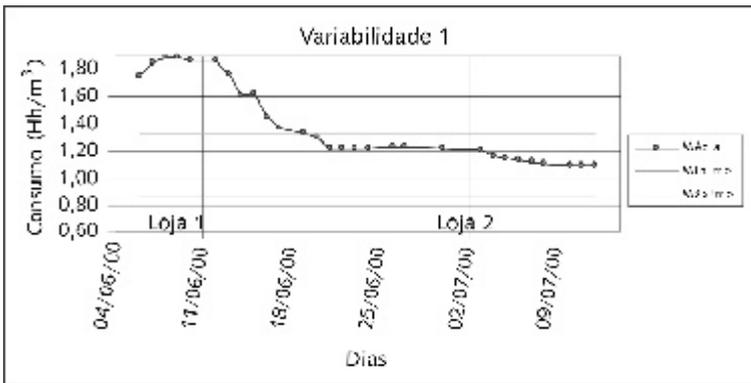


Figura 9 – Gráfico de Variabilidade 1 (serviço con-pis2.5)

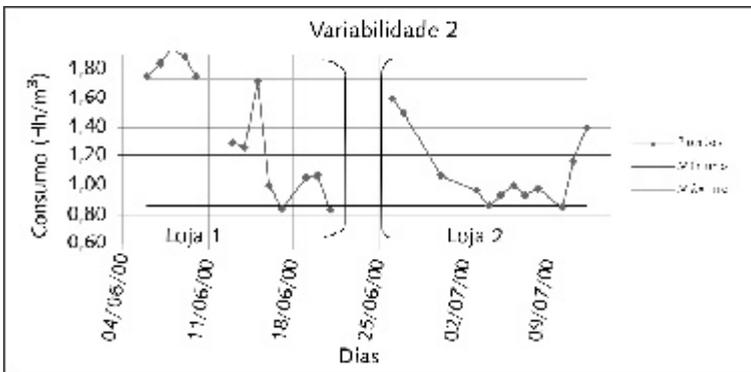


Figura 10 – Gráfico de Variabilidade 2 (serviço con-pis2.5)

Com o desenvolvimento dos gráficos, pode-se obter os fatores que afetam a produtividade, destacados principalmente nos dias anormais. Também é possível verificar que, quanto menor o valor de DI, menor o valor de COM. Essa situação é percebida através do gráfico que correlaciona todos os pontos de DI e CPM analisados na pesquisa, na qual o  $R^2$  apresenta um valor de aproximadamente 0,88 (Figura 3).

Deve-se ressaltar que, pela equação obtida ( $y = 1,6003.x + 1,0574$  ou colocando CPM em função de DI tem-se  $CPM = 1,6003.DI + 1,0574$ ), há a demonstração de que poucos dias anormais já significam uma repercussão importante, uma vez que um  $DI = 0,10$ , ou seja, 10% de dias anormais, significa um desempenho de 22% no CPM, isto é, CPM igual a 1,22. Enfim, baixa variabilidade (DI baixo) significa bom desempenho (CPM baixo), e alta variabilidade (DI alto) significa um desempenho ruim (CPM alto). E, de acordo com a equação, mesmo com DI igual a 0, o CPM seria de 1,06, evidenciando que, mesmo sem dias acima do limite máximo, ocorrem alguns em que o consumo é mais elevado, influenciando o resultado da média. Pode-se, então, correlacionar a variabilidade e o consumo aos índices de produtividade, transformando a Equação 4 na forma expressa pela Equação 5.

$$PROM = (1,6003.DI \times PROP) \quad (5)$$

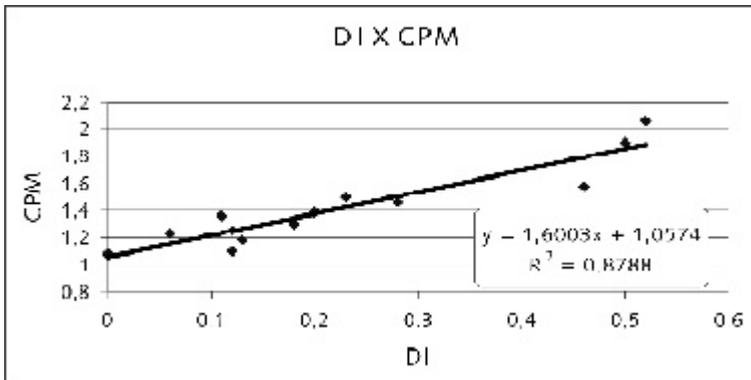


Figura 11 – Relação entre DI e CPM

O mais importante é que seja feito um esforço para reduzir a variabilidade, pois o trabalho demonstra que, caso ela se reduza, os índices serão melhores. A partir dos bancos de dados, foram identificadas várias causas da variabilidade, que estão apresentadas no Quadro 9. Entre as causas estão interrupções, troca de membros da equipe, operário trabalhando em condições inadequadas, falta de materiais e problemas com equipamentos.

Fator	Serviço(s) afetado(s)
Efeito aprendido	Alv-int2.1, Alv-ext2.1, Reb-int2.1, Reb-int2.3, Con-pis2.5, Asse-pis2.5, Con-pis2.6
Alteração do tamanho da equipe	Con-pis2.5, Asse-pis2.5
Falta de material	Con-pis2.5
Organização da produção	Con-pis2.5
Equipamentos fora de operação	Reb-int2.3, Con-pis2.6
Afastamento de funcionário para outra função	Reb-int2.3, Con-pis2.5
Mudança de equipe	Con-pis2.5
Interrupções	Alv-int2.1, Alv-ext2.1, Alv-int2.2, Reb-int2.1, Reb-ext2.1, Reb-int2.3
Temperatura	Reb-int2.3, Con-pis2.5, Asse-pis2.5
Problemas de gerenciamento e seqüenciamento	Alv-int2.1, Alv-ext2.1, Alv-int2.2, Reb-int2.1, Reb-ext2.1, Reb-int2.3, Con-pis2.5
Retrabalho	Reb-int2.3
Problemas de execução	Reb-int2.3
Mobilização/Desmobilização	Con-pis2.5, Asse-pis2.5
Projeto	Con-pis2.5

Quadro 8 – Fatores que afetaram a produtividade

De forma geral, o que se pode perceber é que muitas anormalidades podem ter afetado a produtividade e várias foram identificadas, excluindo-se fatores que dificilmente são identificados tais como a não-percepção da pessoa que procedia à coleta até a presença de causas não facilmente perceptíveis (falta de motivação da equipe, por exemplo). De qualquer forma, é muito importante avaliar que somente os dias acima do máximo nos serviços representaram uma média de 21% do total de dias coletados.

O desenvolvimento desta pesquisa mostrou que há diversos fatores influenciando a produtividade. Cada obra possui suas particularidades, e o seu desempenho depende de vários itens, que, quando combinados, criam as condições para uma boa ou má produtividade. Não obstante, é válido ressaltar que existem fatores localizados, pontuais, que afetam um dia ou um conjunto de dias, e fatores permanentes, sistêmicos, com os quais se deve conviver durante o decorrer de todo o serviço. Ambos podem ser controlados pela gerência da obra.

De posse dos valores potenciais dos serviços, pode-se planejar a obra, tendo-se uma idéia da produtividade a ser atingida e realizando-se controle, mesmo nos primeiros dias de execução.

## Considerações finais

Em geral, a busca de indicadores na Construção Civil esbarra em algumas dificuldades (KOSKELA, 1992):

- diversidade dos projetos relacionada à falta de repetição e incertezas presentes na execução de obras, o que dificulta a comparação entre projetos;
- dificuldade de coleta de dados nas obras; e
- variação nas definições e processos de coleta de dados.

No entanto, quando as medições são usadas internamente, por uma empresa que coleta dados de forma padronizada e tem projetos semelhantes, as informações tornam-se úteis. Além disso, os dados devem ser usados para focalizar taxas de melhoria, em vez de valores absolutos, tais como:

- redução do consumo da mão-de-obra;
- redução da variabilidade do processo; e
- aumento da velocidade de execução das obras.

As obras de caráter repetitivo apresentam ainda algumas vantagens em seu gerenciamento, como a possibilidade de controle de ciclos de produção, que ocorrem rotineiramente ao longo das unidades repetitivas.

Os modernos conceitos de produção, como os da produção enxuta (KOSKELA, 1992), referem-se a itens que devem ser atacados nos processos, destacando-se: aumento da transparência dos processos pelo emprego de indicadores da produção, redução da variabilidade dos índices e dos tempos de execução das tarefas, maior previsibilidade da produção, redução do tempo total de execução das obras e dos serviços e redução de desperdícios.

Uma importante contribuição do trabalho foi a análise da variabilidade da produtividade pelo uso de gráficos e de dois indicadores: DI e CPM. Verificou-se que, quanto maior o valor de DI, maior é o valor do CPM, o que se permite concluir que, quanto mais dias anormais houver na produção (com consumo acima do normal), mais a média tenderá a apresentar um valor elevado, distanciando-se do valor potencial ideal do serviço. Mesmo poucos dias acima do valor potencial influenciam muito o resultado do CPM, repercutindo negativamente no valor da média.

Se for possível identificar limites e os dias que se situarem fora desses limites, pode-se definir o DI. De posse de todas as causas dos dias anormais identificados, é possível classificar e mostrar as de maiores incidências. Deve ser feito um esforço

para controlar e diminuir a ocorrência de dias anormais e, com isso, a variabilidade, pois, como se pode verificar pelo exposto no trabalho, quanto menor a variabilidade, melhor será o índice. Com a pesquisa, pode-se obter a magnitude da influência de dias anormais no consumo médio da produtividade, através da equação que correlaciona o DI e o CPM. No caso do trabalho, várias causas de variabilidade foram identificadas, tais como interrupção, troca de membros da equipe, falta de operários, falta de materiais, problemas com equipamentos, entre outras.

De maneira geral, pode-se concluir que diversos fatores afetam a produtividade, e, portanto, deve-se analisar as características de cada serviço antes de confirmarem-se os resultados. Verificou-se que é possível identificar os fatores que afetam a produtividade, o que permite a configuração de uma ferramenta a ser utilizada pelas empresas atuantes no setor, de forma a gerar os seus próprios bancos de dados, adotar uma metodologia de intervenção no sentido de melhorar os seus índices e realizar um planejamento diferencial, levando em conta fatores como temperatura, tamanho das equipes, organização do canteiro e outros. Enfim, utilizar parâmetros de desempenho, evitando surpresas e variabilidade, de modo a maximizar os resultados e minimizar os seus desperdícios, que é a busca básica de qualquer empresa, inclusive na Construção Civil.

Na metodologia aplicada no trabalho, buscavam-se, inicialmente, indicadores relativos a produtividade e qualidade. No entanto, a abrangência e a forma da coleta de dados permitem ampliar as análises. Além de analisar a produtividade dos serviços, como um valor absoluto, observa-se uma série de outros indicadores: comportamento da produtividade ao longo da execução, produtividade ao longo dos ciclos de repetição, variabilidade dos índices, velocidade de execução das equipes, produtividade das equipes, forma ao longo do tempo da execução dos serviços (continuidade e interrupções). A ênfase do trabalho foi dada na obtenção de dados e informações pelas empresas executoras dos serviços, a partir de uma metodologia padronizada, de forma a atuar em seus processos na busca de maior eficácia na execução de suas obras ou atividades, portanto indo em direção aos princípios ditados pelas atuais teorias da gestão da Construção Civil.

## Referências bibliográficas

ALMEIDA, F.; JÜNGLES, A.; PANZETER, A. Estudo da evolução da produtividade no canteiro de obras sob a ótica do efeito aprendido. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO. 1998. São Paulo: Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil. **Anais...** 03-06 nov. 1998.

CARVALHO, M. **Um sistema de controle de qualidade para a indústria têxtil**. Florianópolis. 1991. 132 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1991.

COMMITTEE ON HOUSING, BUILDING AND PLANNING. Economic Commission for Europe, United Nations. Effect of Repetition on Building Operations and Processes on Site. New York, 1965, **Report of an Enquiry undertaken by Committee on Housing, Building and Planning**.

HEINECK, L. Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade na alvenaria. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 1991. Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC). **Anais...** 30-31 out. 1991.

420

HEINECK, L.; PANZETER, A. Estimativa de custos na construção civil: um estudo de caso de obtenção de constantes unitárias de consumo de mão-de-obra. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9., 1989 Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Anais...** 1989.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy in Construction. **Technical Report**, 72. Stanford, EUA: CIFE, 1992. 75 p.

RYSER, R. **Construction Productivity: A Measurement of Worker Efficiency?** Disponível em: <[http:// www.projectmgmt.com/articles.htm](http://www.projectmgmt.com/articles.htm)>  
Acesso em: nov. 1999.

SANDERS, S.; THOMAS, H. Factors affecting masonry labor productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 117, n. 4, 1991. New York, ASCE.

SANTOS, A. **Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais.** Porto Alegre, 1995. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

SOUZA, U. Como medir a produtividade da mão-de-obra na Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., p. 25-28, abr. 2000. Salvador: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** 2000.

THOMAS, H; ZAVRSKI, I. Construction baseline productivity: theory and practice. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 5, 1999. New York, ASCE.

THOMAS, H.; MATHEWS, C. E WARD, J. Learning Curve Models of Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 112, n. 2, 1986. New York, ASCE.

WERKEMA, M. **TQC: As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 1. 1995. Série Ferramentas da Qualidade.



**Akemi Ino** é engenheira civil pela Universidade de São Paulo (1979). Mestre em Arquitetura (1984) na área de Gestão e Tecnologia para Habitação Social e doutora (1992) também pela USP. Professora da USP desde 1986, nas áreas de Gestão e Tecnologia para Habitação Social, Habitação em Madeira, Planejamento e Projetos da Edificação, Processos Construtivos, Assentamento Rural e Componentes da Construção. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.  
E-mail: [inoakemi@sc.usp.br](mailto:inoakemi@sc.usp.br)

**Ioshiaqui Shimbo** é engenheiro elétrico (1975) e mestre (1985) em engenharia civil pela USP. Doutor em Educação (1992) pela UNICAMP. Professor da UFSCar desde 1980, coordenando o Núcleo de Extensão UFSCar-Município. Atua em diversas áreas, tais como: Políticas, Programas e Gestão de Habitação Social, Planejamento, Projetos e Tecnologias para Habitação Social, Cooperativas Populares, Técnicas de Planejamento e Projetos Urbanos e Regionais e Assentamento Rural.  
E-mail: [shimbo@power.ufscar.br](mailto:shimbo@power.ufscar.br)

**Alexandre Jorge Duarte de Souza** é engenheiro de Produção Mecânica (1996) e mestre (2002) pela Universidade de São Paulo - USP. Atua nas áreas de Análise de Custos, Planejamento de Instalações Industriais e Desenvolvimento de Produto.  
E-mail: [ajsouza@hotmail.com](mailto:ajsouza@hotmail.com)

# 13.

## Otimização do processo de fabricação de esquadrias de madeira no centro produtor da região Sul e desenvolvimento de janelas de baixo custo para habitação social

Akemi Ino, Ioshiaqui Shimbo e Alexandre Jorge Duarte de Souza

### Resumo

A madeira tem sido cada vez menos utilizada para fabricação de esquadrias, em especial de janelas, perdendo a sua competitividade no mercado para outros materiais, ao contrário de algumas décadas atrás, quando a presença de janelas de madeira nas casas populares era comum. Entretanto, no contexto atual, existe uma tendência de se priorizar o uso de recursos renováveis e de materiais com baixo consumo energético na produção, e a madeira é um dos materiais que atendem a essas exigências. Assim, existem oportunidades de utilizá-la para atender às demandas de componentes para habitação social, principalmente em regiões com disponibilidade de florestas plantadas, e, ao mesmo tempo, criar mais uma alternativa para geração de trabalho e renda.

A presente pesquisa teve como objetivo estudar processos existentes de fabricação de esquadrias de madeira, nas várias etapas da cadeia de produção, desde a caracterização do setor florestal e madeireiro até o projeto do produto. Foram desenvolvidos dois protótipos (I e II), que incorporam aspectos inovadores em relação a: a) material utilizado (madeira de florestas plantadas ainda não utilizada pelo segmento); b) processos de beneficiamento e fabricação (otimização dos processos de usinagem em relação

ao uso de máquinas e ferramentas, estudos de secagem e tratamento preservativo da madeira); e c) *design* (estudo de dimensões quanto a ergonomia e atendimento às normas, redesenho do componente e assimilação de aspectos de custo e desempenho voltados à habitação, em particular à habitação social).

Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas parcerias com a Pormade Portas de Madeira Decorativas Ltda., um dos fabricantes de grande porte do setor, localizada em União da Vitória (PR), portanto no centro produtor da região Sul, com o objetivo de compreender as várias etapas da cadeia produtiva de fabricação de janelas, e a Madeporto Comércio de Madeiras Ltda., situada em Porto Ferreira (SP), para avaliar a viabilidade de fabricação de janelas em pequenas empresas.

Com a estratégia geral implementada no projeto, procurou-se articular pesquisadores de diversas universidades e o setor produtivo (fabricantes de janelas de madeira), realizando-se estudos simultaneamente à experimentação dos dois protótipos de janelas junto às empresas parceiras e capacitação de pessoal técnico e científico no setor.

Os resultados da pesquisa referem-se (a) à disponibilidade florestal na região (estados de Santa Catarina e Paraná); (b) aos requisitos de desempenho das janelas para habitação social; (c) aos critérios para escolha da espécie de madeira; (d) à proposta de *layout* de serraria para desdobro de eucalipto; (e) aos estudos de usinabilidade de três espécies (pinho araucária, pinus e eucalipto); (f) ao processo alternativo de tratamento preservativo; (g) aos patamares de preços das janelas do mercado; (h) ao projeto e à produção de dois desenhos de janelas (Protótipo I e Protótipo II); e (i) a comparações de custo dos Protótipos I e II.

## Disponibilidade local e regional de pinus e eucalipto

424

O levantamento para verificar a existência de reservas florestais de pinus e eucalipto no Paraná e em Santa Catarina foi realizado mediante consulta direta junto às indústrias desses estados ligadas ao setor madeireiro. Além disso, procurou-se também obter um mapeamento das áreas ocupadas com vegetação nas regiões mencionadas a partir de dados radiométricos e imagens de satélite, que possibilitaram verificar e qualificar os dados obtidos sobre as florestas identificadas.

A partir da análise de dados obtidos de várias fontes, verificou-se que ainda

existe uma grande área recoberta por vegetação nas regiões abordadas nos estados de Paraná e Santa Catarina, porém, pelos levantamentos obtidos, não é possível distinguir as áreas ocupadas por vegetação nativa das áreas de florestas plantadas.

A Figura 1 mostra o mapa da região de estudo com manchas florestais sobrepostas por mapa transparente com divisão geopolítica dos estados, rios, estradas e municípios. As áreas assinaladas na Figura 1 foram identificadas pelos catálogos das Federações da Indústria do Paraná e de Santa Catarina, indicando áreas com maior disponibilidade florestal ou de potencialidade para aquisição de madeira de florestas plantadas.

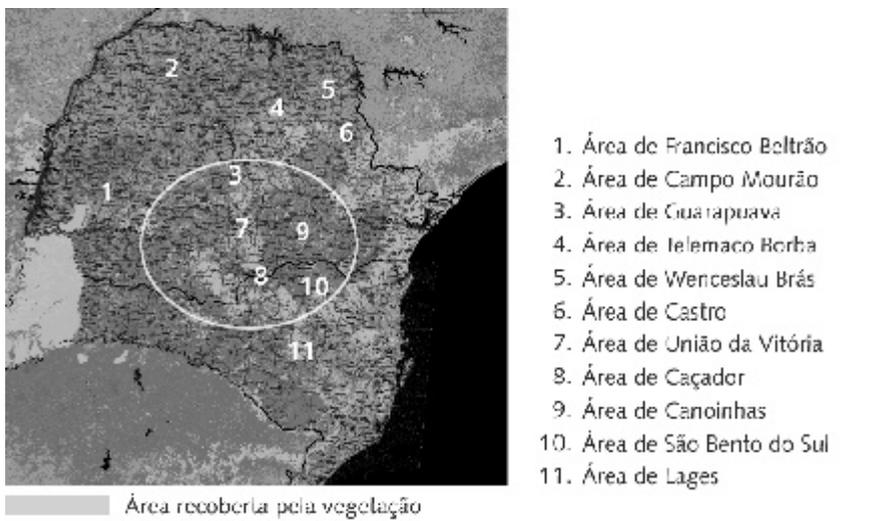


Figura 1 – Mapa de cobertura florestal da região de estudo

A espécie mais plantada na região é o *Pinus spp.*, bastante utilizada para produção de chapas e madeira serrada. As florestas de eucalipto estão mais restritas às regiões produtoras de papel e celulose, basicamente na região de Telêmaco Borba. Na região mais próxima de União da Vitória, a espécie predominante é o *Pinus spp.*

Pode-se verificar que uma parte das florestas existentes ainda não possui um manejo adequado que permita competir com as grandes empresas reflorestadoras, que plantam basicamente as espécies *Eucalyptus grandis*, *saligna* e *dunii*, e *Pinus elliottii* e *taeda*.

## Critérios gerais a serem considerados no projeto, na fabricação e na comercialização de janelas de madeira

A elaboração do projeto (desenho), a escolha de espécies e a fabricação e comercialização de janelas de madeira devem levar em conta critérios econômicos, técnicos e mercadológicos, critérios esses que são apresentados no Quadro 1.

O Quadro 2 apresenta uma síntese da análise das vantagens e desvantagens em relação aos três critérios colocados quando se utiliza a madeira de florestas plantadas em vez da de florestas nativas para a produção de janelas.

Para aumentar a viabilidade das janelas de madeira, deverão ser considerados no desenvolvimento do projeto (desenho) e da produção os seguintes aspectos: 1) a redução da durabilidade provocada basicamente pelo acúmulo de água em frestas, vãos e sulcos, o que pode ser resolvido a partir do desenho dos detalhes e soluções de encaixes entre as interfaces dos subcomponentes; 2) a qualidade de acabamento superficial, que pode ser melhorada mediante adequações no funcionamento das

Critérios econômicos	Critérios técnicos	Critérios mercadológicos
Diminuição da quantidade de ferragens necessárias.	Atendimento das normas brasileiras de desempenho.	A preocupação com a estanqueidade deve ser visível e se diferenciar das janelas existentes no mercado.
Diminuição do volume de madeira em relação às janelas de madeira padrão.	Garantia da estanqueidade em relação ao ar e água.	Oferecer vão luz maior do que as janelas existentes no mercado e estar de acordo com exigências da legislação-diferencial.
Vantagens na instalação em canteiro.	Garantir a durabilidade.	A durabilidade precisa ser visível no produto.
Preço competitivo.	Garantia de desempenho mecânico adequado.	O desenho da janela deve se diferenciar das tipologias convencionais.
Possibilidade de produção em escala.	Possibilidade de apropriação do projeto por pequenas empresas.	

Quadro 1 – Critérios para o desenvolvimento das janelas

máquinas e ferramentas de corte (rotações de motor, espessuras de fresa, velocidades de processamento); 3) do ponto de vista mercadológico, deve-se tornar visível o aspecto ecológico da madeira; 4) o desenho deve ser bem claro em relação ao funcionamento da janela; 5) quanto ao fator econômico, são claras as vantagens da madeira de plantios florestais, tanto o eucalipto quanto o pinus, uma vez que se trata de matéria-prima disponível regionalmente e com possibilidade de reposição.

Critérios	Vantagens	Desvantagens
Econômicos	<p>Menores custos de aquisição.</p> <p>Maior disponibilidade local e regional.</p> <p>Tempo de secagem reduzido.</p> <p>Possibilidade de oferta contínua de madeira para a indústria local com ciclos menores de produção florestal.</p> <p>Menores custos de transporte das reservas até a indústria.</p>	<p>Necessidade do uso de tratamentos preservativos que encarecem a matéria-prima.</p>
Técnicos	<p>Desempenho mecânico compatível com a maioria das espécies nativas utilizadas (eucalipto).</p> <p>Desempenho de usinagem compatível com as espécies nativas utilizadas.</p> <p>Padrões dimensionais mais bem definidos pelas espécies serem oriundas de reservas manejadas.</p>	<p>Qualidade de acabamento superficial inferior.</p> <p>Durabilidade natural inferior.</p> <p>Menor aproveitamento de matéria-prima.</p>
Mercadológicos	<p>Padrões de cor semelhantes aos da maioria das espécies nativas utilizadas.</p> <p>Apelo ecológico: madeira proveniente de reservas florestais mais sustentáveis.</p>	<p>Menor valor de troca em relação às madeiras de florestas nativas.</p>

Quadro 2 – Vantagens e desvantagens da madeira de plantios florestais em relação à madeira nativa para a produção de janelas.

## Exigências dos usuários e requisitos de desempenho para janelas de madeira

A janela é um componente da edificação, situado na transição entre seu interior e o exterior, e deve atender às exigências dos usuários em relação às diferentes condições de exposição do ambiente e ao contexto econômico. No que se refere aos requisitos de desempenho do componente, ou seja, aqueles que garantem o seu funcionamento e a segurança e o bem-estar do usuário, é necessário observar quais são os agentes que afetam suas condições de utilização.

Os agentes podem ser de diversas naturezas, e os mais comuns são os mecânicos, os térmicos, os químicos e os biológicos. Apesar de os agentes térmicos, químicos e biológicos interferirem nas características anatômicas, na durabilidade e na tratabilidade da madeira, foram considerados, neste estudo, apenas os agentes de natureza mecânica.

Os agentes de natureza mecânica exteriores à edificação decorrem basicamente da atmosfera e do solo. A força da gravidade atua sobre a edificação, provocando forças e deformações estruturais que são transmitidas para a janela, gerando, assim, tensões que sua estrutura deve suportar, sem comprometer seu perfeito funcionamento. Da mesma forma, atuam os recalques do solo e as vibrações externas à edificação, provenientes dos movimentos de veículos e de outras atividades realizadas em seu entorno.

As cargas externas atuantes sobre a janela, como as pressões da chuva, do granizo e do vento, exigem de suas folhas e juntas um desempenho adequado para que não haja deformações que provoquem a entrada de água. O desempenho da janela, nesse caso, associa-se tanto ao seu desenho e a soluções construtivas quanto ao material constituinte e a sua capacidade de absorção das ações externas.

428

Quanto aos agentes internos à edificação, que se relacionam com o desempenho da janela, são identificados aqueles decorrentes de sua ocupação e utilização e os que são consequência do posicionamento da janela no edifício.

As sobrecargas derivadas de sua utilização e os esforços de manobra internos à edificação, como os movimentos de abertura e fechamento, as cargas incidentais e a movimentação da janela mesmo antes de sua instalação, atuam na deformação do componente e suas partes, caracterizando a necessidade de utilização de materiais que resistam a esses tipos de esforços. A resistência da janela aos choques, aos im-

pactos e às abrasões decorre da capacidade do material utilizado em suportar tais esforços sem perder suas características originais.

Os agentes externos e internos à edificação que contribuem para a definição do desempenho adequado da janela às exigências do usuário podem ser traduzidos em quatro requisitos de desempenho: estrutural, utilização, estanqueidade e durabilidade.

Com relação ao desempenho estrutural, a janela deve permanecer em condições de utilização sem perder as suas características originais, já que fica exposta às diferentes pressões e aos esforços decorrentes das cargas de vento, do uso, das solicitações higrotérmicas e de outras cargas resultantes dos demais componentes da edificação.

O desempenho quanto à utilização relaciona-se basicamente à segurança do usuário, a esforços nas operações de abertura e fechamento a que a janela está submetida e à sua facilidade de manutenção.

A estanqueidade da janela a ruídos, vibrações, ar, água e pequenos insetos deve ser garantida, principalmente devido a deformações de suas partes em função do empenamento e de contrações da madeira ao longo de sua vida útil.

A durabilidade, outro item importante de desempenho, deve ser garantida e relaciona-se com a conservação da janela ao longo de sua vida útil e com a resistência da madeira à ação de agentes agressivos como a água das chuvas e à própria utilização do edifício.

Outra exigência do usuário a ser considerada refere-se aos aspectos econômicos, ou seja, à capacidade de pagamento dos trabalhadores de baixa renda diante dos preços de janelas disponíveis no mercado.

## **Escolha de gênero, espécie e reserva florestal para produção das janelas**

Para a escolha de espécies de madeira mais adequadas para produção de janelas, trabalhou-se na definição de critérios, a partir das exigências dos usuários, traduzidos em requisitos de desempenho que a janela deveria atender. Também estabeleceram-se relações entre a capacidade resistente do componente e os materiais constituintes nas diversas situações de uso e exposição.

No Quadro 3, são apresentadas as relações de requisitos de desempenho, tipo de solicitação, propriedade solicitada e as respectivas características físicas e mecânicas da madeira a serem consideradas.

Requisito de desempenho	Tipo de solicitação	Propriedade solicitada	Características físicas	Características mecânicas
Estrutural	Cargas uniformemente distribuídas	Resistência à flexão	Densidade aparente	Módulo de ruptura à flexão
	Esforços decorrentes das movimentações da estrutura	Dureza	Densidade aparente	Módulo de elasticidade à flexão Dureza "janka"
Utilização	Flexão no plano da folha	Resistência à deflexão		Módulo de ruptura à flexão
	Flexão perpendicular à folha			Módulo de elasticidade à flexão
	Deformação diagonal da folha	Resistência / cisalhamento		Módulo de elasticidade à flexão
	Arrancamento / articulações	Dureza		Resistência ao cisalhamento
	Torção da folha			Dureza "janka"
	Ciclos de abertura e fechamento			
Estanqueidade	Estanqueidade ao ar	Estabilidade dimensional	Contração tangencial Contração radial	
	Estanqueidade à água	Durabilidade	Contração do volume	
	Estanqueidade aos insetos		Dureza	Densidade aparente
Estabilidade dimensional			Durabilidade natural	
Durabilidade	Condições externas	Resistência à radiação solar	Contração do volume	
		Resistência às chuvas	Densidade aparente	

Quadro 3 – Requisitos de resistência para garantir um bom nível de desempenho para o usuário

Além das características físicas e mecânicas da madeira, foram considerados os seguintes critérios:

- critério de disponibilidade atual e futura em um médio prazo de madeiras de florestas plantadas na região em estudo;
- critério econômico, levando-se em conta preços de mercado da madeira serrada; e
- critério de fabricação da janela (grau de usinabilidade, secagem e tratamento).

O Quadro 4 mostra um resumo dos critérios de escolha das principais espécies de plantios florestais encontradas na região e a indicação do atendimento ou não de cada espécie de madeira aos critérios especificados.

Optou-se pela escolha da espécie *Eucalyptus grandis*, por se tratar de uma espécie com grande disponibilidade imediata de venda, com origens em florestas manejadas e com preços de venda mais viáveis por metro cúbico de madeira serrada.

Observa-se no Quadro 4 uma dificuldade particular nesta espécie no que diz respeito à sua resistência à flexão e às contrações, o que pode influir diretamente na precisão dimensional dos componentes ao longo de sua vida útil.

Critérios	Espécies				
	<i>Árucus arbuscula</i>	<i>Paricouba</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Acacia angustifolia</i>
Áreas reforestadas prontas para corte	✓	✓	✓	✓	
Possibilidades futuras de reforestamento	✓	✓	✓	✓	
Sustentação/carga das florestas existentes	✓	✓	✓	✓	
Ciclo de corte rápido e rendimento florestal	✓	✓	✓	✓	
Preços competitivos de madeira serrada bruta	✓	✓	✓	✓	
Densidade aparente		✓	✓	✓	
Contração volumétrica			✓	✓	✓
Resistência ao escalamento	✓	✓	✓	✓	✓
Dureza "JANCA"			✓	✓	✓
Módulo de resistência à flexão			✓	✓	✓
Módulo de elasticidade à flexão	✓	✓	✓	✓	✓
Facilidade de secagem	✓	✓			✓
Usinabilidade	✓	✓			✓
Tratabilidade	✓	✓			✓

Quadro 4 – Critérios de escolha e o seu atendimento

## Proposta de *layout* de serraria para desdobro de eucalipto

A partir da análise de quatro serrarias, na região de Telêmaco Borba (PR), mais adequadas para produzir a madeira serrada para o projeto e indicadas pelos empresários locais, foram obtidos dados para elaborar uma proposta de serraria de desdobro de toras de até 40 cm de diâmetro (Figura 2).

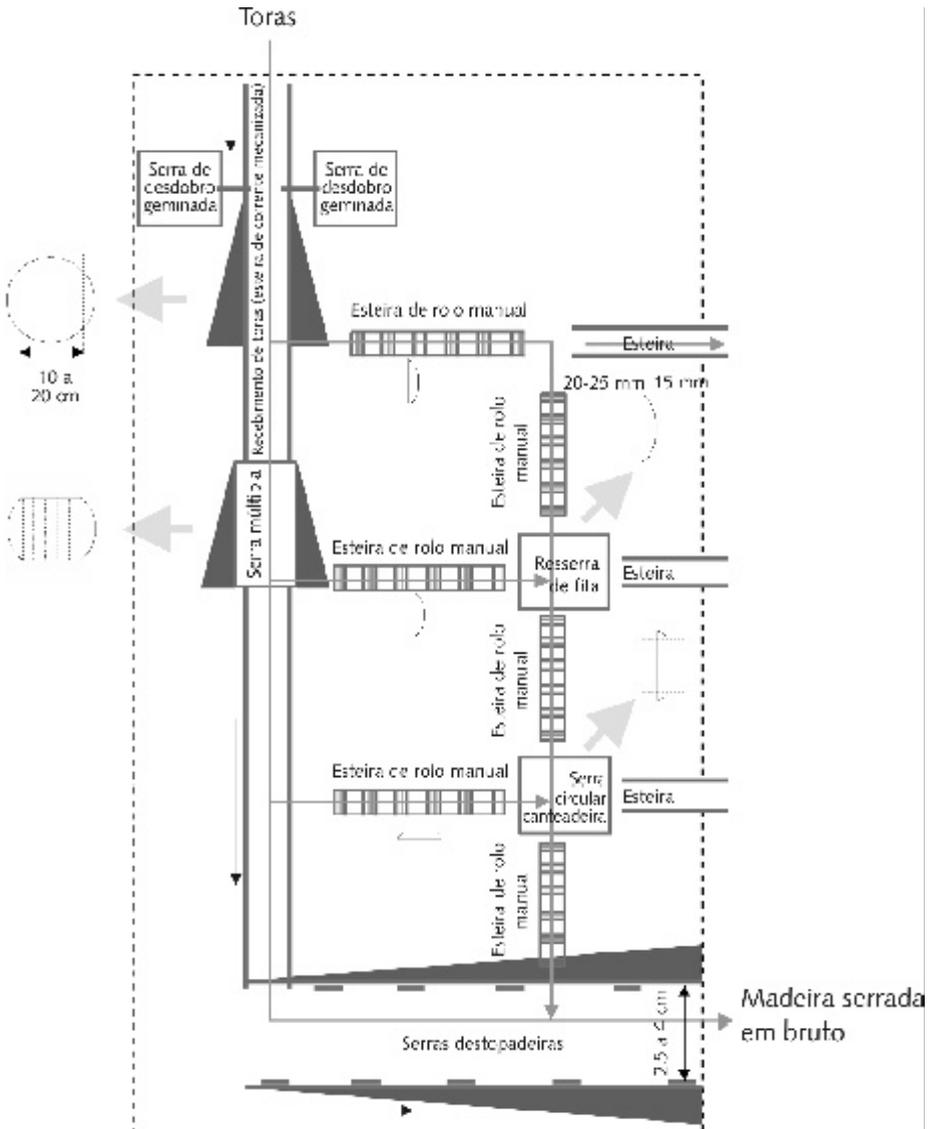


Figura 2 – Proposta de *layout* de serraria para desdobro de eucalipto

Na proposta apresentada na Figura 2, consideraram-se como referência os seguintes equipamentos mínimos necessários para desdobro da madeira de eucalipto:

- serra de desdobro de toras dupla ou geminada de fita, para retirada de duas costaneiras paralelas simultaneamente, evitando a liberação desproporcionada e assimétrica de tensões de crescimento;
- serra circular múltipla para corte sucessivo de peças, garantindo produtividade maior que a serra simples e um desvio padrão menor nas diferenças dimensionais de largura;
- serra de fita simples ou resserra para reaproveitamento das costaneiras (espessura de 35 cm a 40 mm), gerando novas peças, menos resíduos e mais rendimento global;
- serra circular alinhadeira ou canteadeira para eliminação de pontas esmoadas e produção da dimensão de largura das peças; e
- serra destopadeira dupla, que são serras circulares posicionadas em duas linhas paralelas e distanciadas no comprimento padrão das peças.

## Estudo de usinabilidade da madeira de plantios florestais: pinus, eucalipto e araucária

Um dos critérios considerados para a escolha da espécie de madeira para produção de janela se refere à sua usinabilidade. Trata-se do desempenho apresentado no processamento secundário, no acabamento superficial. Com o intuito de verificar a compatibilidade dos equipamentos utilizados para a produção de janelas com madeira nativa, realizou-se o estudo de usinabilidade da madeira mediante o método de medição da força principal de corte nas direções paralela e perpendicular às fibras. Foram ensaiadas três espécies de madeira de plantio florestal, para análise comparativa de desempenho com relação às madeiras nativas: *Pinus spp*; *Eucalyptus grandis* e *Araucária angustifolia*.

Para o corte na direção paralela na condição de umidade seca ao ar, o pinus apresentou melhor índice de usinabilidade, o que pode ser quantificado de forma percentual. As espécies de pinho e eucalipto, apesar de possuírem densidades diferentes, apresentaram comportamento semelhante, com valores de força de corte bem próximos para ângulos de 17° e 24°, e maior facilidade de corte para o pinho com ângulo de 10°.

No corte paralelo para as espécies secas em estufa, o comportamento e a magnitude dos esforços foram bastante semelhantes entre as espécies de pinho e eucalipto. E o pinus, apesar de apresentar melhor usinabilidade, registrou valores de esforços próximos aos requeridos pelas outras espécies.

O grau de usinabilidade das espécies de pinus e pinho resultaram próximas para o corte na direção perpendicular, em ambas as condições de umidade. Porém, com a condição seca ao ar, se comparado à condição de umidade seca em estufa, a espécie de eucalipto necessitou esforços bem mais elevados para ser usinada, em relação às outras espécies. Para as duas condições de umidade, os esforços registrados para o corte na direção paralela às fibras apresentaram-se aproximadamente três vezes superiores quando comparados à direção de corte perpendicular.

Os esforços necessários e o desgaste do ferramental apresentaram-se dentro de valores compatíveis com os equipamentos utilizados para a usinagem de madeira nativa, não sendo necessárias, portanto, alterações nos maquinários existentes na empresa (no caso da Pormade).

## **Programa de secagem de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* na produção de janelas**

No Quadro 4, um dos critérios não atendidos para o *Eucalyptus grandis* foi o da facilidade de secagem. O estudo realizado, além de fornecer informações sobre a secagem dessa madeira, alcançou resultado como definição de programa de secagem. Assim, utilizou as condições de infra-estrutura da indústria parceira e atendeu às especificações, de rendimento e de ausência de defeitos, necessárias à fabricação de janelas para garantir a qualidade final do produto.

Neste estudo foi experimentado o processo de pré-secagem com sistema de ventilação forçada, o qual contribuiu de maneira significativa para a redução de defeitos de secagem, melhorando, assim, o rendimento.

Com base nos resultados dos ensaios e considerando os objetivos da presente pesquisa, podem ser apresentadas as seguintes conclusões:

- (a) a pré-secagem ao ar contribuiu para reduzir tanto o tempo de secagem em estufa como a incidência de defeitos, sendo recomendada a sua aplicação;
- (b) a pré-secagem em local coberto é preferível, pois propicia secagem mais uniforme e melhor qualidade da madeira após secagem convencional;

Programa de secagem N° 1 (Secagem em laboratório)  
peças de 40x100 cm (com lacunas de 10 mm)

Umidade da madeira (%)	TS (°C)	TJ (°C)	L/R (%)	UE (%)	PS
Acabamento	35,0	34,0	94	21,9	-
Até 50	35,0	34,0	94	21,9	2,28
50	35,0	33,0	87	19,2	2,75
40	35,0	32,5	84	16,9	2,37
35	35,0	32,0	82	16,0	2,19
30	35,0	31,5	73	13,2	2,27
28	36,0	31,0	70	12,5	2,24
26	39,0	33,0	67	11,4	2,28
24	42,0	35,0	63	10,6	2,26
22	45,0	37,0	60	9,7	2,27
20	48,0	38,5	55	8,8	2,27
18	52,0	41,5	51	8,0	2,25
16	56,0	43,0	47	07,1	2,25
14	60,0	45,0	41	06,4	2,30
Uniformização	60,0	53,0	67	10,0	-
Condicionamento	60,0	57,5	87	16,0	-

Gr. de. TS = temperatura de trabalho seco; L/R = umidade relativa do ar; PS = potencial de secagem;  
TU = temperatura de trabalho úmido; UE = unidade de trabalho para a madeira

Quadro 5 – Programa de secagem N° 1

Programa de secagem N° 2 (Secagem industrial - dióxido)

Umidade da madeira (%)	TS (°C)	TJ (°C)	L/R (%)	UE (%)	PS
Acabamento	40,0	39,0	94	21,6	-
Até 50	40,0	39,0	94	21,6	2,31
50	40,0	39,0	94	21,6	2,31
40	40,0	37,0	83	16,2	2,47
35	40,0	36,0	77	14,4	2,48
30	40,0	34,5	69	12,0	2,40
28	43,0	36,0	65	11,1	2,32
26	46,0	39,0	64	10,5	2,48
24	50,0	42,0	61	9,7	2,47
22	54,0	45,0	53	8,9	2,47
20	58,0	47,5	54	8,0	2,50
18	62,0	50,0	51	07,3	2,47
16	66,0	51,0	45	06,3	2,54
14	70,0	52,5	41	05,6	2,50
Uniformização	70,0	62,5	70	10,0	-
Condicionamento	70,0	67,5	88	16,0	-

Gr. de. TS = temperatura de trabalho seco; L/R = umidade relativa do ar; PS = potencial de secagem;  
TU = temperatura de trabalho úmido; UE = unidade de trabalho para a madeira

Quadro 6 – Programa de secagem N° 2

(c) no caso da secagem convencional da madeira recém-serrada (alta umidade inicial), o programa de secagem N° 1 (Quadro 5) resulta em secagem lenta e demorada. Embora não tenha sido testado para a secagem de madeira com umidade acima do ponto de saturação das fibras, é recomendado o programa de secagem N° 2 (Quadro 6);

(d) a otimização da secagem industrial pode ser obtida com a pré-secagem em local coberto por um período entre 3 e 4 meses, seguida de secagem convencional com o programa N° 2.

## Estudo de alternativas de tratamento preservativo de madeira

Os métodos utilizados para preservação da madeira classificam-se em preventivos e curativos, sendo de interesse para a pesquisa os denominados métodos preventivos, uma vez que têm por objetivo prevenir a degradação da madeira.

Os métodos preventivos convencionais apresentam-se nas modalidades de pré-tratamento, processos sem pressão ou caseiros e processos por pressão ou industriais. No âmbito da pesquisa, experimentou-se um processo alternativo: PAN – Processo de Absorção Natural.

**Processo de Absorção Natural (PAN):** embora não divulgado pela literatura especializada, uma variação muito interessante do processo quente-frio é o PAN<sup>1</sup>, desenvolvido por Gerit Jonges, no IPT, em São Paulo.

Trata-se de um processo em que a madeira é submetida à exposição de vapor saturado por um período determinado de tempo e em seguida é imersa em solução preservativa mantida a temperatura ambiente. Esse processo foi experimentado, pois atendia aos recursos existentes nas empresas produtoras de esquadrias de madeira que possuem capacidade instalada para a geração de vapor e, portanto, estão habilitadas a adaptarem, a baixo custo, instalações para operar com o sistema PAN.

O preservativo utilizado no estudo foi o CCA tipo A, com 70% de ingredientes ativos, em base óxida, considerando-se uma única concentração de 3%, em base óxida, sendo os corpos de prova expostos ao vapor saturado, em condições controladas e a temperatura constante de 98,5 °C.

<sup>1</sup> PAN é o nome dado à patente requerido junto ao INPI em 1987, pelo inventor Gerit Jonges.

Embora o melhor resultado alcançado na experimentação, em termos de retenção, tenha sido obtido com exposição dos corpos de prova ao vapor de tricloroetileno e imersão prolongada, esse procedimento deve ser descartado. O tricloroetileno entra em ebulição com 88 °C de temperatura liberando fosgene, que é um gás incolor altamente tóxico.

A exposição ao vapor saturado dos corpos de prova deram excelente resultado, em termos de retenção, tanto para imersão em tricloroetileno quanto em Pentoxin diluído em querosene, comprovando a eficiência do processo PAN. Entretanto, verificou-se uma variação dimensional significativa nos corpos de prova, proporcionalmente ao tempo de exposição ao vapor (até 3 horas), não sendo, por isso, recomendada a sua utilização no processo de fabricação de esquadrias de madeira.

Diante das informações coletadas e das experimentações realizadas, e em razão de o produto esquadrias de madeira ser constituído pela composição de diversas peças encaixadas com alto grau de precisão e sensível às variações dimensionais, concluímos que os processos denominados na literatura americana de NSP (No Swelling Preservation) e na literatura australiana de LOSP (Light Organic Solvent Preservative) podem ser considerados os mais recomendados para a preservação de componentes semi-acabados destinados à montagem de esquadrias de madeira.

Os solventes recomendados são, desse modo, o tricloroetileno e o tetracloro-carbono, que servirão como veículo para ingredientes ativos convencionais a serem aplicados em processo de autoclavagem em baixo regime de pressão.

## **Levantamento de preços de janelas existentes no mercado para habitação social**

A partir do levantamento de janelas de metal (chapa de aço e alumínio) encontradas no mercado da Construção Civil na cidade de São Paulo e em empreendimentos habitacionais, procurou-se estabelecer o preço de mercado a ser alcançado pela janela de madeira, para que seja competitiva no segmento de habitação social. A análise desse levantamento (realizado em novembro de 1997) chegou aos seguintes resultados:

- (a) as janelas metálicas de “uso popular” na região da Grande São Paulo possuem uma variação de preço entre R\$ 30,00 e R\$ 160, 00 entre as várias tipologias e materiais encontrados, ou seja, uma diferença de mais de 500%;
- (b) não há uma correlação direta entre o vão luz oferecido pelo componente e o

preço, mas entre a espessura da chapa metálica utilizada e o tamanho total da janela;

(d) Com relação às tipologias, as janelas do tipo guilhotina são as mais baratas do mercado, seguidas pelas janelas de correr de três folhas.

A partir destes dados levantados foram identificadas quatro faixas de preços (Quadro 7), colocando as respectivas caracterizações quanto a: tipologia; material; tipo de empreendimento; e consumidor.

Faixa 1	R\$ 157,83
Faixa 2	R\$ 91,96
Faixa 3	R\$ 69,73
Faixa 4	R\$ 45,67

Quadro 7 – Divisão em faixas de preços (novembro/1997)

Na faixa 1 encontram-se as janelas de alumínio pertencentes a uma classe média que tem pequenos apartamentos em torno das áreas mais valorizadas e mesmo de conjuntos habitacionais.

Na faixa 2 incluem-se as janelas de alumínio de três folhas e algumas janelas de chapa de aço com qualidade superior. Essa faixa atinge basicamente proprietários de apartamentos ou casas em conjuntos habitacionais e autoconstrutores de classe média baixa.

Na faixa 3 estão incluídas as janelas de chapa de aço com pequenas dimensões e constituídas de componentes de qualidade muito baixa. Essa faixa abrange autoconstrutores e proprietários situados mais na periferia da cidade.

Na faixa 4 encontram-se os componentes mais baratos do mercado que estão presentes em empreendimentos habitacionais para faixas de renda sem condições de entrar no mercado habitacional e autoconstrutores de áreas periféricas.

Dessa maneira, segundo as diretrizes propostas por este projeto, considerou-se razoável para a realidade de mercado brasileira que se atinja as faixas 1 e 2 no preço de produto a ser desenvolvido, ou seja, de R\$ 100,00 a R\$ 150,00 como preço final ao consumidor (valores de setembro de 1997).

**Faixa de preço a ser atingida pela janela de madeira:**

**R\$ 100,00 a R\$ 150,00**

## Projetos de janelas de madeira – Protótipos I e II

Do ponto de vista do desenvolvimento do projeto da janela de eucalipto, foram considerados alguns parâmetros com a finalidade de balizar as possíveis soluções projetuais, o que gerou recomendações para a escolha da tipologia de janela a ser desenvolvida e seus detalhes construtivos gerais.

Os parâmetros para analisar as diversas possibilidades de abordagem do desenho da janela foram: (a) tipológicos; (b) compatibilidade construtiva (coordenação modular); (c) antropométricos; e (d) aspectos de legislação.



Figura 3 – Etapas para a elaboração do projeto da janela

A metodologia adotada para o projeto da janela de eucalipto se divide em quatro etapas de desenvolvimento, e a seqüência dessas etapas é apresentada em um organograma na Figura 3. A primeira etapa corresponde à definição das diretrizes e dos parâmetros de projeto, acompanhada do levantamento das possíveis tipologias a serem consideradas. A partir do cruzamento das tipologias encontradas com os possíveis detalhes de projeto inerentes a cada uma delas, estabelecem-se as recomendações para o projeto da janela. Passando-se para a segunda etapa, desenvolve-se a primeira proposta de desenho da janela acompanhada de execução do Protótipo I a ser submetido aos ensaios em laboratórios de estanqueidade ao ar e à água. A análise dos resultados dos ensaios resulta na primeira revisão. A terceira etapa é caracterizada pela execução do Protótipo II, que será submetido novamente aos ensaios de estanqueidade e funcionamento mecânico, resultando na revisão final do projeto. Na quarta etapa é realizado o desenvolvimento final do projeto da janela de eucalipto, que sai do âmbito de protótipo, passando para execução de uma pré-série, antes da produção em escala, quando ocorrem as adequações de projeto/produção/custos .

Seguindo o procedimento descrito, foram desenvolvidos dois projetos de janela: o primeiro, uma versão mais complexa – “Janela de Correr Veneziana Vertical” – chamada de Protótipo I, privilegiou os requisitos de desempenho; e o segundo, o Protótipo II – “Janela Veneziana de Abrir” – foi desenvolvido priorizando-se o parâmetro custo.

### Janela veneziana de correr vertical – Protótipo I

Na Figura 4 é apresentado o desenho final do Protótipo I, após a revisão da terceira etapa de desenvolvimento. O Protótipo I é composto de duas folhas fixas de veneziana, duas folhas cegas de correr vertical e duas folhas de vidro também de correr vertical, permitindo estas três situações: 1) escurecimento com ventilação; 2) iluminação (50% da janela) com estanqueidade à água; 3) controle da abertura para ventilação.

A foto da Figura 5 mostra a janela veneziana de correr vertical deitada com a folha de vidro, vista internamente, e, à direita, a janela em pé com as folhas cegas fechadas, vista externamente. Esse protótipo foi executado com a utilização de *Eucalyptus grandis* da floresta da região de Telêmaco Borba (PR).

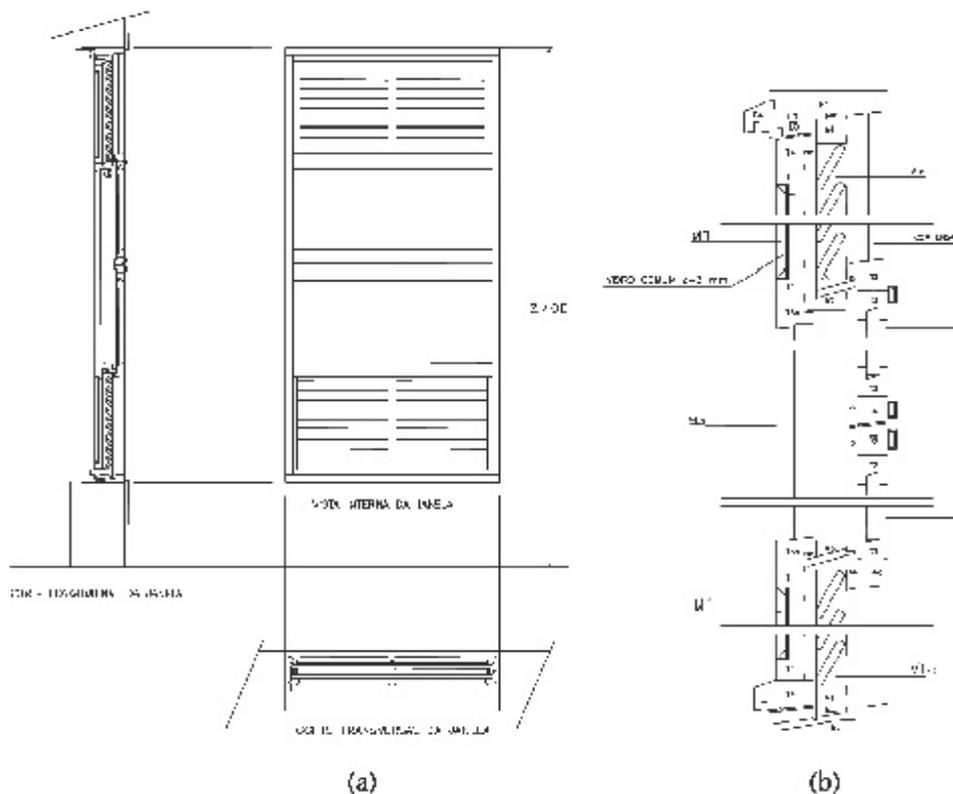


Figura 4 – Janela de correr veneziana vertical: a) elevação frontal e cortes longitudinal e transversal da janela; b) corte longitudinal em detalhe



Figura 5 – Protótipo I – Janela de correr veneziana vertical *Eucalyptus grandis* parte superior em veneziana fixa, na seqüência, folha cega móvel, folha de vidro móvel e veneziana fixa.

## Janela veneziana de abrir – Protótipo II

A Figura 6 mostra o desenho do Protótipo II produzido em uma empresa de esquadrias de pequeno porte. Teve-se, com esse protótipo, o objetivo de verificar uma produção piloto em escala visando à redução de custos e à adequação às capacidades existentes na empresa. A Figura 7 apresenta fotos da Janela de Abrir - Protótipo II, executada em *Eucalypto grandis*, duas folhas de veneziana em pinus e o detalhe do gabarito metálico utilizado para facilitar o posicionamento das palhetas (em pinus).

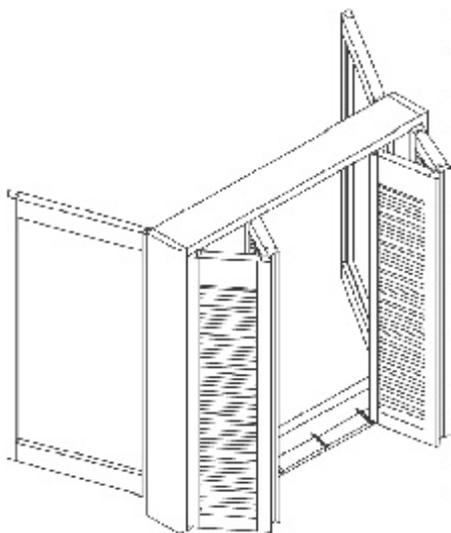


Figura 6 – Projeto do Protótipo II utilizado na produção piloto

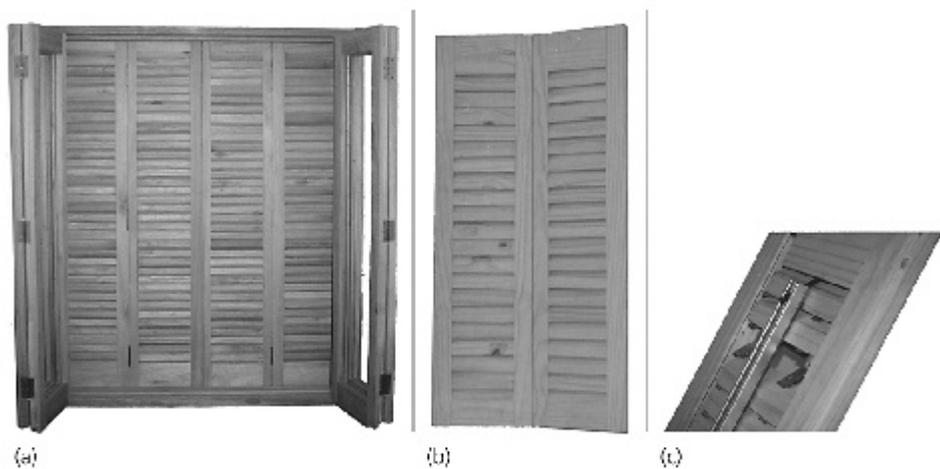


Figura 7 – Fotos da Janela Protótipo II, em *Eucalypto grandis* (a), folha veneziana – em pinus (b), detalhe do gabarito para posicionamento das palhetas (c)

A verificação da produção piloto em escala realizou-se em duas etapas. A primeira foi a produção de um único protótipo em madeira de pinus, para permitir que todos os ajustes nos equipamentos e procedimentos fossem discutidos e definidos em consenso, e também permitir que a mão-de-obra se familiarizasse com o projeto proposto para facilitar a sua aprendizagem.

Na segunda etapa, com as dúvidas sanadas, executou-se com *Eucalyptus grandis* a produção piloto de seis unidades, cujos dados foram coletados em planilhas enfocando-se principalmente as etapas de usinagem e montagem, alvo dos estudos de otimização. Acreditando-se ser suficiente para os estudos pretendidos, a quantidade de seis unidades foi definida em função do pequeno número de diferentes perfis do produto e da disponibilidade de recursos presentes.

A coleta de dados desenvolveu-se em uma das unidades da própria empresa, que possui características de uma pequena marcenaria do setor. Essa escolha resulta da intenção de se verificar a viabilidade de transferência do projeto para as pequenas marcenarias da região.

Na Figura 8 podem ser observados aspectos dessa unidade com os equipamentos simples que compõem a marcenaria, o que indica a viabilidade de uso de maquinários mais comuns sem a necessidade de sofisticar a infra-estrutura de produção. Dessa forma, são atendidas as intenções do projeto, ou seja, a produção de esquadrias de madeira competitiva para a faixa popular.

## Análise de custos dos Protótipos I e II

Para análise de custos dos Protótipos I e II, realizou-se inicialmente a apropriação dos custos da janela de correr veneziana (JCV) em madeira de imbuia produzida comercialmente pela empresa parceira, com o objetivo de comparar os valores dos protótipos em madeira de plantios florestais.

Para a composição de custos dos protótipos, foram levados em conta os custos da madeira serrada, de tratamento, processamento primário e secundário e acessórios utilizados, incluindo margens de lucro e impostos.

A Figura 8 apresenta o fluxo das etapas de produção das janelas para facilitar a compreensão da apropriação dos custos nas várias etapas.

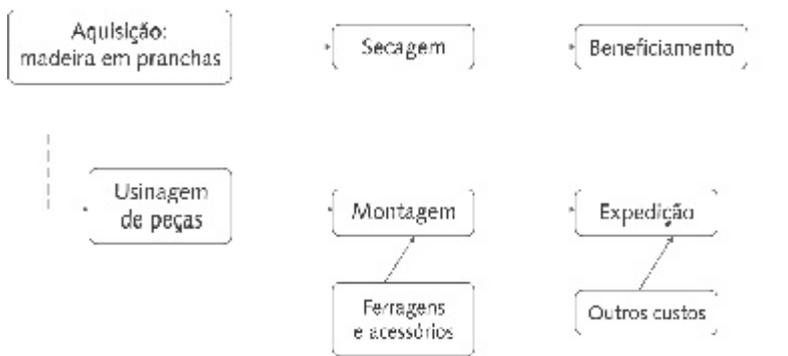


Figura 8 – Fluxo das etapas de produção das janelas

Foram apropriados custos dos seguintes tipos de janelas: (a) Janela JCV em imbuia; (b) Janela JCV em eucalipto; (c) Janela Protótipo I em eucalipto; (d) Janela Protótipo II em eucalipto; (e) Janela Protótipo II em pinus.

### Composição de custos – Janela modelo JCV em imbuia

Quadro-resumo			
1	Secagem	R\$ 7,38	Vol da janela/rendimento da madeira x custo da secagem/m <sup>2</sup> (mo + energia + manutenção)
2	Beneficiamento	R\$ 3,26	Vol da janela/rendimento da madeira x custo do beneficiamento/m <sup>2</sup> (mo + energia + manutenção)
3	Usinagem fina	R\$ 12,80	Mão-de-obra + energia + manutenção
4	Montagem	R\$ 26,06	Mão-de-obra + energia + manutenção
5	Acessórios	R\$ 35,81	Ferragens + cavilhas + gavetas + vidro + acabamento
6	MP	R\$ 77,00	Vol da janela/rendimento da madeira x custo da madeira seca/m <sup>2</sup>
7	Outros custos	R\$ 5,88	Custos apropriados por valores de produção
Custo total		R\$ 168,19	

Quadro 8 – Quadro-resumo dos custos da JCV de imbuia (valores de novembro/1997)

O Quadro 8 apresenta o resumo dos custos apropriados para modelo JCV – janela de correr veneziana em imbuia, fabricado pela empresa parceira.

### Composição de custos – Janela modelo JCV em eucalipto

O Quadro 9 apresenta o resumo dos custos simulados para modelo JCV em eucalipto.

Quadro-resumo			
1	Secagem	R\$ 13,74	Mão-de-obra + energia + manutenção
2	Beneficiamento	R\$ 5,06	Mão-de-obra + energia + manutenção
3	Usinagem fina	R\$ 12,80	Mão-de-obra + energia + manutenção
4	Montagem	R\$ 26,06	Mão-de-obra + energia + manutenção
5	Acessórios	R\$ 35,81	Ferragens + cavilhas-vidro
6	MP	R\$ 7,35	Madeira bruta necessária para a produção de uma janela
7	Outros custos	R\$ 5,88	Custos apropriados por valores de produção
Custo total		R\$ 156,20	

Quadro 9 – Resumo dos custos da JCV de eucalipto (valores de novembro/1997)

### Composição de custos – Protótipo I em eucalipto

O Quadro 10 apresenta um resumo de composição de custos da produção da janela Protótipo I em madeira de eucalipto.

Nota-se que no caso do eucalipto os itens *madeira (matéria-prima)* e *ferragens* encontram-se entre os principais responsáveis pelo alto custo do componente em relação aos similares em chapa metálica e alumínio. A substituição da madeira nativa pela de reflorestamento (substancialmente mais barata) e a adequação do desenho do componente à nova matéria-prima, além da simplificação de alguns detalhes visando à eliminação de ferragens sofisticadas, aumentariam as possibilidades para viabilizar o mercado de janelas populares de madeira.

Quadro-resumo			
1	Secagem	RS 8,21	Mão-de-obra + energia + manutenção
2	Beneficiamento	RS 3,63	Mão-de-obra + energia + manutenção
3	Usinagem fina	RS 12,80	Mão-de-obra + energia + manutenção
4	Montagem	RS 26,06	Mão-de-obra + energia + manutenção
5	Acessórios	RS 27,07	Ferragens – cavilhas-vidro
6	MP	RS 73,75	Madeira bruta necessária para a produção de uma janela
7	Outros custos	RS 5,88	Custos apropriados por valores de produção
Custo total		RS 157,40	

Quadro 10 – Resumo dos custos do Protótipo I em eucalipto (valores de novembro/1997)

### Composição de custos – Protótipo II em eucalipto

Na Figura 9 está apresentada a foto do Protótipo II – Janela de Abrir Veneziana, com as dimensões externas de 1,03 x 1,03 m.



Figura 9 – Protótipo II

O Quadro 11 apresenta o resumo dos custos obtidos durante a fabricação da janela do Protótipo II em *Eucalyptus grandis*.

Quadro-resumo			
1	Secagem	RS 6,67	Mão-de-obra + energia + manutenção
2	Beneficiamento	RS 2,93	Mão-de-obra + energia + manutenção
3	Usinagem fina	RS 12,80	Mão-de-obra + energia + manutenção
4	Montagem	RS 15,64	Mão-de-obra + energia + manutenção
5	Acessórios	RS 12,00	Ferragens – cavilhas-vidro
6	MP	RS 35,92	Madeira bruta necessária para a produção de uma janela
7	Outros custos	RS 2,94	Custos apropriados por valores de produção
Custo total		RS 88,84	

Quadro 11 – Resumo dos custos do Protótipo II em eucalipto (valores de novembro/1997)

### Composição de custos – Protótipo II em pinus

Quadro-resumo			
1	Secagem	RS 1,79	Mão-de-obra + energia + manutenção
2	Beneficiamento	RS 1,19	Mão-de-obra + energia + manutenção
3	Usinagem fina	RS 6,85	Mão-de-obra + energia + manutenção
4	Montagem	RS 15,64	Mão-de-obra + energia + manutenção
5	Acessórios	RS 13,00	Ferragens – cavilhas-vidro
6	MP	RS 9,57	Madeira bruta necessária para a produção de uma janela
7	Outros custos	RS 2,94	Custos apropriados por valores de produção
8	Tratamento	RS 8,00	Custo de autoclave
9	Oportunidade de mercado	-	Custo financeiro de manutenção de estoques
Custo total		RS 58,98	

Quadro 12 – Resumo dos custos do Protótipo II em pinus

O Quadro 12 apresenta o resumo dos custos da janela Protótipo II utilizando madeira de pinus.

## Comparação de custos

O Quadro 13 apresenta a comparação de custos obtidos para as janelas de madeira estudadas.

Material e serviços	JCV Imbuia	JCV Eucalipto	Protótipo I Eucalipto	Protótipo II Eucalipto	Protótipo II Pinus
Madeira em prancha (R\$/m <sup>2</sup> )	400,00	230,00	230,00	230,00	150,00
Madeira em prancha/unidade	77,00	57,35	73,75	35,92	9,57
Secagem/unidade	7,38	13,24	8,21	6,62	1,79
Beneficiamento/unidade	3,26	5,06	3,63	2,93	1,19
Usinagem fina/unidade	12,80	12,80	12,80	12,80	6,85
Acessórios/unidade	35,81	35,81	27,07	12,00	13,00
Montagem/unidade	26,06	26,06	26,06	15,64	15,64
Outros/unidade	5,88	5,88	5,88	2,94	10,94
Custo Total / unidade	168,19	156,20	157,40	88,85	58,98
Preço de venda (margem de contribuição: 30%)	218,65	203,06	204,49	115,51	76,67

Quadro 13 – Comparação de custos das janelas de madeira estudadas

O Quadro 14 apresenta a comparação de preços de vendas entre as janelas existentes no mercado e as janelas de madeira estudadas, considerando a mesma área de abertura (~1 m<sup>2</sup>) para diferentes tipologias e materiais.

Tipologia da janela	Preço de mercado (RS)
Chapa de aço dobrado	65,00
Alumínio	150,00
JCV imbuia	218,00
JCV eucalipto	203,00
Protótipo I eucalipto	204,00
Protótipo II eucalipto	115,00
Protótipo II pinus	76,00

Quadro 14 – Comparação de preços de vendas entre as janelas existentes no mercado e as janelas de madeira estudadas para mesma área de abertura:  $\sim 1 \text{ m}^2$  (valores de novembro/1997)

## Conclusões

Os resultados obtidos no desenvolvimento dos Protótipos I e II indicam que:

- a simples mudança da espécie de madeira, no caso de madeira nativa para eucalipto, praticamente não provoca impacto no preço final do produto. Nota-se que o preço de aquisição da madeira em prancha de imbuia é maior do que o preço do eucalipto e que o rendimento da madeira de eucalipto (32%, segundo observado nas produções piloto) é menor do que o observado no caso da imbuia (58%). Dessa maneira, o alto custo de aquisição da madeira nativa é compensado pelo baixo desempenho da madeira de reflorestamento disponível;
- no caso de fabricação dos protótipos com madeira de eucalipto, o custo do Protótipo I é próximo do custo da janela JCV. Já o custo do Protótipo II é aproximadamente metade do valor da JCV;
- com a simulação de preço de venda, considerando-se uma margem de contribuição de 30 % (diferente da praticada pelas indústrias), o Protótipo II de eucalipto, com preço de venda simulado em R\$ 115,00, fica dentro do patamar definido pelo projeto;

- no caso da fabricação do Protótipo II com madeira de pinus, contando com os custos de tratamento preservativo, o preço de venda no valor de R\$ 76,00 fica na faixa 3, o que corresponde às janelas de chapa de aço com pequenas dimensões de baixa qualidade (ver Quadro 7).

Concluindo, o preço de venda do Protótipo II em pinus é competitivo em relação às janelas de chapas de aço de uso popular existentes no mercado. O Protótipo II em eucalipto ficou dentro da faixa de preço proposto (R\$ 100,00 a R\$ 150,00), como uma das diretrizes a ser atingida pelo projeto.

A introdução de espécies de plantios florestais na produção de esquadrias apresenta-se com boas perspectivas de competitividade em relação às janelas metálicas populares. Entretanto, há ainda algumas dificuldades a serem vencidas, entre as quais a falta de florestas manejadas com fins específicos para produção de esquadrias e para outros componentes construtivos e a baixa exigência de qualidade das janelas colocadas no mercado, não só para faixa popular, mas de maneira geral.

Os resultados obtidos para o Protótipo II em pinus ou eucalipto são passíveis de transferência para pequenos empreendimentos existentes de fabricação de janelas, pois a produção deste produto não necessita de aquisição de novos equipamentos. Para viabilizar essa transferência, são necessárias as seguintes condições: assessoria para adaptação do projeto às capacidades existentes (pessoal, equipamentos e instalações); assessoria para otimização nas diversas etapas de fabricação; assessoria para apropriação de custos e controle de qualidade; e, principalmente, assessoria para gestão da comercialização.

As estratégias gerais para viabilizar a utilização da madeira de floresta plantada para a fabricação de componentes em madeira, em particular as esquadrias, envolvem articulação dos diferentes agentes da cadeia de produção de esquadrias; formação continuada de diferentes tipos de profissionais (arquitetos, engenheiros, marceneiros, etc.); identificação de potenciais demandas de construção de habitação de interesse social, articuladas com os agentes promotores, em especial os do setor público; e implementação de políticas públicas para o setor florestal que garantam a sustentabilidade dos usos múltiplos da madeira de florestas plantadas.

## Referência bibliográfica

INO, A. et al. **Otimização do processo de fabricação de esquadrias de madeira no centro produtor da Região Sul e desenvolvimento de janelas de baixo custo para habitação social.** (Relatórios de Pesquisa FINEP). São Carlos: EESC-USP. Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 1998. v. 1, 2 e 3, 800 p. Edital 01-95: Plano de Ação para a Área Social Convênio 63.96.0691.00.



# 14.

# 14.

## Projetos HABITARE/FINEP e currículos dos participantes

### 14.1 Editores

**C**arlos Torres Formoso é engenheiro civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (1980). Doutor pela University of Salford, Inglaterra (1991) e tem pós-doutorado na University of California (2000), USA. Professor Adjunto da UFRGS desde 1989, atuando nas áreas de Gerenciamento da Construção Civil e Engenharia de Produção. Atualmente é vice-presidente da ANTAC e consultor ad-hoc da FINEP, FAPEMIG, FAPESP, FAPERGS. Membro do IGLC – International Group for Lean Construction. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.  
E-mail: formoso@vortex.ufrgs.br

**A**kemi Ino é engenheira civil pela Universidade de São Paulo (1979). Mestre em Arquitetura (1984) na área de Gestão e Tecnologia para Habitação Social e doutora (1992) também pela USP. Professora da USP desde 1986, nas áreas de Gestão e Tecnologia para Habitação Social, Habitação em Madeira, Planejamento e Projetos da Edificação, Processos Construtivos, Assentamento Rural e Componentes da Construção. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.  
E-mail: inoakemi@sc.usp.br

## 14.2 Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes

### Unidade executora

Departamento de Tecnologia da Construção Civil

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

58059-900 João Pessoa – PB

E-mail: nperazzo@lsc.ct.ufpb.br

### Coordenador-Geral

**Normando Perazzo Barbosa**

### Currículo

**Normando Perazzo Barbosa** é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (1975). Mestre pela Pontifícia Universidade Católica - PUC-RJ (1978) e doutor pela Université Pierre et Marie Curie, França (1983). Livre-docência pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB (1996). Professor titular da UFPB desde 1979. Atua nas áreas de Estruturas de Concreto, Materiais e Componentes de Construção e Mecânica de Estruturas.

E-mail: nperazzo@lsc.ct.ufpb.br

---

## 14.3 Aplicação de tecnologias sustentáveis em um conjunto habitacional de baixa renda

### Unidade executora

Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar

90035-190 – Porto Alegre – RS

Tel.: (51) 316 3900 - Fax: (51) 316 4054

E-mail: sattler@vortex.ufrgs.br

### Coordenador-Geral

**Miguel Aloysio Sattler**

### Equipe de apoio

Prof. Ângela Masuero, Eng. Civil, Dra.

Prof. Beatriz Fedrizzi, Agrônoma, PhD.

Prof. Carin Schmitt, Eng. Civil, Dra.

Prof. Luis Carlos Bonin, Eng. Civil, M.Eng.

Prof. Ruy Alberto Cremonini, Eng. Civil, M.Sc., Dr.

Márcia Roig Sperb, Eng. Civil, M.Eng

Lucília Bernardino Silva, Eng. Civil, M.Eng.

### **Elaboração da proposta de projeto**

Prof. Miguel Aloysio Sattler, Eng. Civil, Eng. Agrônomo, Ph.D.

Aluisio Costa Filho, Arquiteto e Urbanista, M.Arq.

Márcio Suminski, Biólogo, M.Sc.

### **Elaboração do Portal do CETHS**

Carolina Furlanetto Mendes, Estudante de Arquitetura

Daniela Stumm Cardeal de Souza, Estudante de Engenharia Civil

Marcello Guedes Pinto, Estudante de Engenharia Civil

### **Secretaria**

Rosana Dal Molin Inghes

### **Convênio Alvorada - Projeto de Paisagismo**

Ana Elisa Souto, Arquiteta e Urbanista

Cristina Wayne Brito, Arquiteta e Urbanista

Helena Wachsmann Schanzer, Engenheira Agrônoma

Luís Augusto dos Santos Ercole, Engenheiro Civil

Rafael Kluwe, Arquiteto e Urbanista

### **Convênio Alvorada - Protótipo da Unidade Habitacional**

Aluisio Costa Filho, Arquiteto e Urbanista, M.Arq.

Andrea Naguissa Yuba, Arquiteta e Urbanista, M.Eng.

Cláudia Kusiak, Engenheira Civil

Jussara Maria Leite Mattuella, Engenheira Civil

Maki Tokudome, Engenheira Civil

Lucília Bernardino Silva, Engenheira Civil, M.Eng.

### **Convênio Alvorada - Equipamentos**

Alicia Filomena M. Rodrigues, Arquiteta e Urbanista

Clarice Bleil de Souza, Arquiteta e Urbanista

Giane de Campos Grigoletti, Arquiteta e Urbanista, M.Eng.

Luciana Inês Gomes Miron, Arquiteta e Urbanista

Maria Fernanda de Oliveira Nunes, Arquiteta e Urbanista, M.Eng.

Maria Helena Favaretto, Arquiteta e Urbanista

### **Convênio Alvorada - Computação Gráfica**

Marco Antônio Claser Jr., Arquiteto e Urbanista

Marco Antônio Maia, Arquiteto e Urbanista

### **Convênio Alvorada - Bolsistas**

Ângela Capitânio Nichetti, Estudante de Arquitetura

Paula Bettin de Nale, Estudante de Arquitetura

### **Convênio Nova Hartz - Projeto de Urbanismo**

Alexandra Follman, Arquiteta e Urbanista

Christiane Carbonell Jatahy, Arquiteta e Urbanista

Cristiano Viegas Centeno, Arquiteto e Urbanista

Inês Martina Lersch, Arquiteta e Urbanista

Verena Schmidt Baldoni, Arquiteta e Urbanista

### **Convênio Alvorada - Projeto de Paisagismo**

Sérgio Luiz V. Tomasini, Engenheiro Agrônomo

Maria Cristina Haas, Arquiteta e Urbanista

### **Convênio Alvorada - Geometria Viária**

Michele de Moraes Sedrez, Arquiteta e Urbanista

Telissa Frenzel da Rosa, Arquiteta e Urbanista

### **Convênio Alvorada - Gestão de Resíduos**

Christiane Carbonell Jatahy, Arquiteta e Urbanista

Cristiano Viegas Centeno, Arquiteto e Urbanista

Eduardo Grala da Cunha, Arquiteto e Urbanista, M.Arq.

Luís Augusto dos Santos Ercole, Engenheiro Civil

### **Convênio Alvorada - Gestão Energética**

Clarissa Santafé, Arquiteta e Urbanista, M.Arq.

Liane Conrad, Engenheira Civil

## **Convênio Alvorada - Produção de Alimentos**

Sérgio Luiz V. Tomasini, Engenheiro Agrônomo

Cristiano Viegas Centeno, Arquiteto e Urbanista

## **Convênio Alvorada - Protótipo da Unidade Habitacional**

Rafael Simões Mano, Arquiteto e Urbanista.

Verena Schmidt Baldoni, Arquiteta e Urbanista

Marco Antônio Maia, Arquiteto e Urbanista

## **Convênio Alvorada - Computação Gráfica**

Marco Antônio Maia, Arquiteto e Urbanista

## **Convênio Alvorada - Acompanhamento da Construção de Protótipos**

Camilo Holzmann da Silva, Arquiteto e Urbanista

Carolina Furlanetto Mendes, Estudante de Arquitetura

Christiane Carbonell Jatahy, Arquiteta e Urbanista

Marcello Guedes Pinto , Estudante de Engenharia Civil

Rafael Simões Mano, Arquiteto e Urbanista

Verena Schmidt Baldoni, Arquiteta e Urbanista

Giane de Campos Grigoletti, Arquiteta e Urbanista, M.Eng.

## **Convênio Alvorada - Bolsistas**

Carolina Furlanetto Mendes, Estudante de Arquitetura

Carolina Hartmann Galeazzi, Estudante de Arquitetura

Marcello Guedes Pinto , Estudante de Engenharia Civil

Nádia Andrea Hilgert, Estudante de Arquitetura

Patrícia Fernanda Voltolini, Estudante de Arquitetura

## **Currículos**

**Miguel Aloysio Sattler** é engenheiro civil (1974) e agrônomo (1978) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Doutor pela University of Sheffield (1987), com pós-doutorado na University of Liverpool, Inglaterra (1994).

Técnico da Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC no período de 1980 a 1996. Professor da Pós-Graduação da Pontifícia Universidade Católica - PUC-RS em 1990, Professor da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA (1991-1993). Atualmente é professor na UFRGS e atua nas áreas de Construção Civil, Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Térmica, Paisagismo, Agrometeorologia e Controle Ambiental.

E-mail: [sattler@vortex.ufrgs.br](mailto:sattler@vortex.ufrgs.br)

**Michele de Moraes Sedrez** é arquiteta pela Universidade Federal de Pelotas - UFPEL Participou de projetos de pesquisa no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - NORIE, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

**Telissa Frenzel da Rosa** é arquiteta. Participou de projetos de pesquisa no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - NORIE, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

**Márcia Roig Sperb** é engenheira civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (1997). Mestre pela UFRGS na área de Desenvolvimento Sustentável. Atualmente está desenvolvendo uma pesquisa sobre impactos ambientais relacionados a materiais de Construção Civil. Participou de projetos de pesquisa no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - NORIE, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

---

## 14. 4 Habitações de caráter social com a utilização de bloco cerâmico

### Unidade executora

Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC)

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Camobi, Km 9 - Cidade Universitária

97105-900 – Santa Maria – RS

Tel.: (55) 220 8313

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

## Coordenador-Geral

**José Mario Doleys Soares**

## Pesquisadores

Marcus Daniel Friederich dos Santos, Eng. Civil, Mestre pela UFSM, Professor da UNISC

Lisiane Poletto, Arquiteta pela UFSM, Autônoma

## Demais integrantes do projeto

Hugo Gomes Blois Filho, Arquiteto, Mestre, professor da UFSM

Luiz Fernando da Silva Mello, Arquiteto, Mestre, Professor da UFSM

Odilon Pancaro Cavalheiro, Eng. Civil, Mestre, Professor da UFSM

Marco Antonio Pozzobom, Eng. Civil, Mestrando em Eng. Civil da UFSM

Jonas Ruff, Arquiteto

## Currículos

**José Mario Doleys Soares** é engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (1981). Mestre (1985) e doutor (1997) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Foi professor da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Região das Missões no período de 1984 a 1989. Atualmente é professor do Departamento de Transportes da UFSM em regime de dedicação exclusiva. Chefe do setor de Solos do Laboratório de Materiais de Construção Civil e atua nas áreas de Mecânica dos Solos, Fundações e Escavações, Materiais e Componentes de Construção e Estrutura do Concreto.

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

**Marcus Daniel Friederich dos Santos** é engenheiro civil (1995) e mestre (1998) pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Em doutoramento pela UFRGS, sob orientação do Dr. Hélio A Greven. Professor da UNISC – Universidade de Santa Cruz do Sul 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)

**Lisiane Poletto** é pedagoga pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS e atua na área da Educação.

---

## 14.5 Transferência de inovação tecnológica na autoconstrução de moradias

### Unidade executora

Faculdade de Engenharia Civil  
UNICAMP – Universidade de Campinas  
Caixa Postal 6021  
13083-970 – Campinas – SP  
E-mail: [doris@fec.unicamp.br](mailto:doris@fec.unicamp.br)

### Coordenador-Geral

**Doris C. C. K. Kowaltowski**

### Equipe técnica

Sílvia A. Mikami Gonçalves Pina, Arquiteta, Dra.

Regina C. Ruschel, Eng. Civil, Dra.

Lucila C. Labaki, Física, Dra.

Stelamaris Rolla Bertoli, Física, Dra.

Edison Fávero, Arquiteto, M.Sc.

Francisco Borges Filho, Arquiteto, M.Sc.

### Currículo

**Doris C. C. K. Kowaltowski** é arquiteta pela University of Melbourne, Austrália (1969). Doutora pela University of Califórnia, USA (1980). É professora livre-docente da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP desde 1989. Foi coordenadora de curso no Departamento de Construção Civil da Faculdade de Engenharia no período de 1997 a 2001. Atua nas áreas de Planejamento e Projetos de Edificação, Avaliação Pós-Ocupação, Metodologia de Projeto e Conforto Ambiental. E-mail: [doris@fec.unicamp.br](mailto:doris@fec.unicamp.br)

## 14.6 Moradia popular – Alternativas para a Amazônia

### Unidade executora

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre - FUNTAC

Av. das Acácias - Zona A - Lote 1 - Caixa Postal 395 - Distrito Industrial

69917-100 – Rio Branco – AC

Tel: (68) 229-2304 - Fax: 2291665

E-mail: funtac@mdnet.com.br

### Coordenação-Geral

**Edinete Oliveira**, Arquiteta

### Coordenação Técnica

Luiz E. Amaro de Freitas, Eng. Civil, M.Sc. (Coordenador em 1993, 1995 e 1996)

Marcondes Moreira, Eng. Civil, M.Sc. (Coordenador em 1994)

Ana Lúcia Costa, Arquiteta (Coordenadora de 1997 a 1999)

### Demais membros da equipe

Luiz E. Amaro de Freitas, Eng. Civil, M.Sc. (1993, 1995 e 1996)

Marcondes Moreira, Eng. Civil, M.Sc. (1994)

Mário Jorge dos Santos Ferreira, Tecnólogo em Construção Civil

Willian Abreu da Silva, Tecnólogo em Construção Civil

Irimar Soares de Brito, Tecnólogo em Construção Civil

Antônio Bezerra do Nascimento, Desenhista/Projetista

### Consultores

Vahan Agopyan, Eng. Civil, Ph.D., Escola Politécnica da USP

Roger L. Tuomi, Eng. Civil, VOCA

Gilson Lameira, Arquiteto, Prefeitura de Santo André

### Currículos

**Ana Lúcia R. M. F. da Costa** é arquiteta pela Universidade Gama Filho do Rio de Janeiro (1986). Mestre em História pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Pesquisadora da Fundação de Tecnologia do Acre - FUNTAC atuando

como profissional autônoma. Professora substituta na Universidade Federal do Acre - UFAC em 2002 no Departamento de História.

E-mail: anaconda@mdnet.com.br

**Mário Jorge dos Santos Ferreira** é tecnólogo em Construção Civil - Edificações (1992) pela Universidade Federal do Acre - UFAC. É técnico especializado da Fundação de Tecnologia do Acre - FUNTAC, na área de Novas Tecnologias para Construção Civil.

E-mail: funtac@osite.com.br

**Willian Abreu da Silva** é tecnólogo em Construção Civil (1992) pela Universidade Federal do Acre - UFAC. É servidor da Fundação de Tecnologia do Acre - FUNTAC, na área de Controle Térmico de Obras, com destaque para o Concreto.

E-mail: funtac@osite.com.br

**Irimar Soares de Brito** é tecnólogo em Construção Civil (1992) pela Universidade Federal do Acre - UFAC. É servidor da Fundação de Tecnologia do Acre - FUNTAC, nas áreas de Sistemas Construtivos para Habitação Popular e Produção de Tijolo-Solo-Cimento.

E-mail: funtac@osite.com.br

---

## 14.7 Sistema integrado de gerenciamento móvel em obras – SIGMO

### Unidades executoras

Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE)  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Universidade Federal Fluminense

### Contato

COPPE/UFRJ

Cidade Universitária, Centro de Tecnologia, Bloco H

Caixa Postal 68511

21941-972 – Rio de Janeiro – RJ

Tel.: (21) 256 28675

E-mail: jano@cos.ufrj.br

## Coordenador-Geral

**Jano Moreira de Souza**

## Pesquisadores

Sergio Amorim, Arquiteto, M.Sc., Dr. (COPPE/UFRJ), Professor titular da Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFF

Lúcio Fialho, M.Sc. (COPPE/UFRJ)

Antônio Rangel, Eng.

Victor Almeida, Eng.

## Currículos

**Jano Moreira de Souza** é engenheiro mecânico (1974) e tem mestrado (1978) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. PhD em Sistemas de Informação pela University of East Anglia, Inglaterra (1986). Professor da UFRJ desde 1976. É chefe da Linha de Banco de Dados do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas. Atua na área das Ciências da Computação.

E-mail: jano@cos.ufrj.br

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim** é arquiteto (1974), mestre (1981) e doutor (1995) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Professor titular, desde 1984, na Universidade Federal Fluminense - UFF. Atua nas áreas da Qualidade, Gerenciamento, Tecnologia e Planejamento e Projetos de Edificação. Coordenador dos grupos: CDCON - Desenvolvimento de Terminologia e Codificação de Materiais e Serviços para a Construção e InfoHab - Centro de Referência e Informação em Habitação. Autor do livro QUALIPRO - Sistema de Acompanhamento da Qualidade e Produtividade (1998).

E-mail: leusin@civil.uff.br

## 14.8 INFOHAB – Centro de referência e informação em habitação

### Unidades executoras

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC)

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Universidade de São Paulo (USP)

Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)

## **Contato**

Rua Passo da Pátria, 156

24210-240 – Niterói – RJ

Tel.: (21) 2620 7070 R. 231

E-mail: infohab@civil.uff.br

## **Coordenação-Geral**

**Sergio R. Leusin de Amorim**

## **Coordenação técnica**

Roberto Lamberts (Coordenador do Núcleo da UFSC)

Carlos Torres Formoso (Coordenador do Núcleo da UFRGS)

Vanderley M. John (Coordenador do Núcleo da USP)

Ângela Gordilho Souza (Coordenadora do Núcleo da UFBA)

Luiz Antonio Nigro Falcoski (Coordenador do Núcleo da UFSCar)

Geraldo Xexeo (Coordenador do Núcleo da UFRJ)

## **Equipe técnica**

Universidade Federal Fluminense

Sérgio R. Leusin de Amorim, Coordenador-Geral

Lucia de Almeida Peixoto

Luis Carlos Madeira

Roberta Cavalcanti Pereira Nunes

Raimundo Reis Fontes de Araújo

Raquel Moreno Tavares Valente

## **Universidade Federal de Santa Catarina**

Roberto Lamberts, Coordenador do Núcleo da UFSC

Malik Cheriaf

Roseli Alves Madeira Westphal

Renato Pacheco Lupiano

## Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Carlos Torres Formoso, Coordenador do Núcleo da UFRGS

Rosa Maria Tamara Villagra Avellan

Débora Costa Oliveira

Denise Pithan

## Universidade de São Paulo

Vanderley M. John, Coordenador do Núcleo da USP

Eduardo Toledo Santos

## Universidade Federal da Bahia

Ângela Gordilho Souza, Coordenador do Núcleo da UFBA

Gabriela Ferreira de Almeida

## Universidade Federal de São Carlos

Luiz Antonio Nigro Falcoski, Coordenador do Núcleo da UFSCar

Maurícia Daniela Pereira

Simone Nunes Pinto

## Universidade Federal do Rio de Janeiro

Geraldo Xexeo, Coordenador do Núcleo da UFRJ

## Universidade do Oeste de Santa Catarina

Cláudio Alcides Jacoski

Fabio Correa Gaspareto

## Currículos

**Luis Carlos Madeira** é arquiteto (1992), com especialização em Planejamento Urbano e Regional (1993) e mestre (1999) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Atua nos grupos: CDCON - Desenvolvimento de Terminologia e Codificação de Materiais e Serviços para a Construção e InfoHab - Centro de Referência e Informação em Habitação.

E-mail: [madeira@civil.uff.br](mailto:madeira@civil.uff.br)

**Sérgio Roberto Leusin de Amorim** é arquiteto (1974), mestre (1981) e doutor (1995) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Professor titular, desde 1984, na Universidade Federal Fluminense - UFF. Atua nas áreas da Qualidade, Gerenciamento, Tecnologia e Planejamento e Projetos de Edificação. Coordena-

dor dos grupos: CDCON - Desenvolvimento de Terminologia e Codificação de Materiais e Serviços para a Construção e InfoHab - Centro de Referência e Informação em Habitação. Autor do livro QUALIPRO - Sistema de Acompanhamento da Qualidade e Produtividade (1998).

E-mail: leusin@civil.uff.br

---

## 14.9 Acervo de habitação popular heterodoxa

### Unidade executora

Laboratório de Estudos sobre Urbanismo, Arquitetura e Preservação (LAP)

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU)

Universidade de São Paulo (USP)

Rua do Lago 876

05508-900 – São Paulo – SP

Tel.: (11) 3813 2511

E-mail: mmtanaka@usp.br

### Coordenação-Geral

**Marta Maria Soban Tanaka**

### Bolsistas de Iniciação Científica

Ana Paula Bruno

André Yuri Flores Urushima

Paulo Emílio Buarque Ferreira

Catherine Jacqueline Suzanne Gallois

André Carrasco

### Currículo

**Marta Maria Soban Tanaka** é arquiteta pela Universidade Mackenzie, em São Paulo (1985). Mestrado e doutorado em arquitetura pela Universidade de São Paulo - USP. Atuou na Prefeitura do Campus da USP na coordenação de projetos de edificação e urbanização da cidade universitária. Coordenadora do projeto Cadastro Informatizado de Habitação Popular. Atua como coordenadora da área de Estudos sobre Habitação Popular do Laboratório de Estudos sobre Urbanismo, Arquitetura e Preservação (LAP), da USP.

E-mail: mmtanaka@usp.br

## **14.10 Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra**

### **Unidade Executora**

Escola Politécnica

Universidade de São Paulo (USP)

Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2, n. 83, Ed. Engenharia Civil

Cidade Universitária

05508-000 – São Paulo – SP

Tel.: (11) 3091 5234

E-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br

### **Coordenação-Geral**

**Vahan Agopyan**

### **Equipe técnica**

Universidade de São Paulo

Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, Coordenador adjunto do projeto

José Carlos Paliari

Artemária Coêlho de Andrade

Luiz Sérgio Franco

Tarcísio de Paula Pinto

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Carlos Torres Formoso, Coordenador do Núcleo UFRGS

Adriano Luís Costa

Fabiana Pires Rosa

Universidade Federal de Santa Maria

Margaret Souza Schmidt Jobim, Coordenadora do Núcleo UFSM

Adriano Felice Caset Sidnei da Silva Lovatto

Universidade Federal de São Carlos

Ioshiaqui Shimbo, Coordenador do Núcleo UFSCar

### **Universidade Federal de Minas Gerais**

Antônio Neves de Carvalho Jr., Coordenador do Núcleo UFMG

### **Universidade Federal do Ceará**

José Guimarães Duque Filho., Coordenador do Núcleo UFC

### **Universidade Estadual de Feira de Santana**

Cristóvão C. Carneiro Cordeiro, Coordenador do Núcleo UEFS

### **Universidade de Fortaleza**

Maria Aridenise Macena Maia, Coordenadora do Núcleo UNIFOR

### **Universidade Federal da Bahia**

Emerson de Andrade M. Ferreira, Coordenador do Núcleo UFBA

Marcos Jorge Almeida Santana, Coordenador adjunto

Iamara Rossi Bulhões

### **Universidade Federal do Espírito Santo**

João Luiz Calmon Nogueira da Gama, Coordenador do Núcleo UFES

### **Universidade Federal da Paraíba**

Ana Cristina Taigy, Coordenadora do Núcleo UFPB

### **Universidade Estadual do Maranhão**

João Aureliano de Lima Filho, Coordenador do Núcleo UEMA

### **Universidade Federal do Piauí**

Antônio Trindade Barros, Coordenador do Núcleo UFPI

### **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**

Ana Adalgisa Dias Paulino, Coordenadora do Núcleo UFRN

### **Universidade de Pernambuco**

468 Maria de Fátima Resende, Coordenador do Núcleo UPE

### **Universidade Federal de Sergipe**

Carlos Armando Gutschow, Coordenador do Núcleo UFS

### **Currículos**

**Vahan Agopyan** é engenheiro civil (1974) e mestre (1978) pela Universidade de São Paulo - USP. Doutor em Engenharia Civil pela University of London, Inglaterra (1982). Professor titular e livre-docente da USP. Diretor do Departamento de

Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Atuou de 1994 a 1988 na ABNT como membro do conselho diretivo e como presidente do COBRACON. Em 2001, foi membro do Comitê Assessor de Engenharia Civil no CNPq. Coordenador de engenharia da FAPESP. Membro do Conselho Direto do IMT - Instituto Mauá de Tecnologia e Pesquisador do IPT, de 1985 a 2002. Atua nas áreas de Matérias e Componentes de Construção, Materiais Não-metálicos, Qualidade da Construção Civil e Construção Sustentável. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

E-mail: agopyan@pcc.usp.br

**Ubiraci Espinelli Lemes de Souza** é engenheiro civil (1983), mestre (1989) e doutor (1996) pela Universidade de São Paulo - USP. Professor livre-docente (2001) da USP no período de 1984 a 2001. Atualmente é professor associado em regime parcial. Atua na área de Processos Construtivos.

E-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br

**José Carlos Paliari** é engenheiro civil (1994) pela Universidade Federal de São Carlos e mestre (1999) pela Universidade de São Paulo - USP. Foi professor auxiliar de 1997 a 1999, e atualmente é professor assistente da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. Atua nas áreas de Processos Construtivos, Materiais e Componentes de Construção, Gestão e Produtividade no Uso de Recursos Físicos nos Canteiros De Obras.

E-mail: jpaliari@power.ufscar.br

**Artemária Coêlho de Andrade** é engenheira civil (1996) pela Universidade Federal do Piauí - UFPI e Mestre (1999) e em doutoramento desde 2000 pela Universidade de São Paulo - USP. Estagiária da Sociedade Técnica de Engenharia - Steng em 1995 e 1996 nas áreas de Cálculo Estrutural e Fiscalização e Consultoria. Atuou como assistente de professor em 1998 na USP na área de Tecnologia e Gestão da Produção.

E-mail: aandrade@pcc.usp.br

## 14.11 Gestão da qualidade na Construção Civil: estratégias e melhorias de processo em empresas de pequeno porte

### Unidade executora

Núcleo Orientado pela Inovação da Edificação (NORIE)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Av. Osvaldo Aranha, 99, 3º andar

90035-190 – Porto Alegre – RS

Tel.: (51) 3316-3518

E-mail: formoso@vortex.ufrgs.br

### Coordenação-Geral

**Carlos Torres Formoso**

### Pesquisadores

Adriano Felice Caset, Eng. Civil

Eduardo Luis Isatto, Eng. Civil, M.Sc., Professor Assistente da UFRGS

Elvira Maria Vieira Lantelme, Eng. Civil, M.Sc.

Letícia Diesel, Eng. Civil

Márcio Gus, Arquiteto, M.Sc.

Margaret Souza Schmidt Jobim, Eng. Civil, M.Sc., Professora Adjunta da UFSM

Patrícia Tzorropoulos, Arquiteto, M.Sc.

Renata Liedtke, Eng. Civil, M.Sc.

Sidnei da Silva Lovatto, Eng. Civil

Thaís da Costa Lago Alves, Eng. Civil, M.Sc.

### Doutorandos

Ercília Hitomi Hirota, Eng. Civil, M.Sc., Dra. pelo NORIE/UFRGS, Professora Adjunta da Universidade Estadual de Londrina

José de Paula Barros Neto, Eng. Civil, M.Sc., Dr. pelo PPGA/UFRGS e Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará

Maurício Moreira e Silva Bernardes, Eng. Civil, M.Sc., Dr. pelo NORIE/UFRGS e Professor Adjunto da UFRGS

Tarcísio Abreu Saurin, Eng. Civil, M.Sc., Dr. pelo PPGEP/UFRGS, Professor da Universidade de Caxias do Sul

## **Mestrandos**

Alberto Peixoto San Martin, Eng. Civil, M.Sc.

Alessandra Migliori do Amaral Brito, Arq., M.Sc.

André Portich Reichmann, Eng. Civil

Carlos Eduardo Herrmann do Nascimento, Eng. Civil

Elenara Stein Leitão, Arq., M.Sc.

João Ilton Oliveira, Eng. Civil

Jocelise Jacques de Jacques, Arq., M.Sc.

Keller Augustus Zanoni de Oliveira, Eng. Civil, M.Sc.

Luciana Inês Gomes Miron, Arq., M.Sc.

Luís Fernando Menescal de Oliveira, Eng. Civil

Márcio Santana de Carvalho, Eng. Civil, M.Sc.

Paulo Ricardo Colpo Marchesan, Eng. Civil, M.Sc.

## **Auxiliares de pesquisa**

Amintas Eugênio de Souza Filho, Aux. de pesquisa da UFC

Andréa Formiga, Aux. de pesquisa do NORIE/UFRGS, Bolsista do CNPq

Elizabeth Vieira Pessoa, Aux. de pesquisa do NORIE/UFRGS, Bolsista do CNPq

Evandro Flack, Aux. de pesquisa do NORIE/UFRGS, Bolsista da FAPERGS

Leonardo de Bona Becker, Aux. de pesquisa do NORIE/UFRGS, Bolsista do CNPq

Luís Alberto Herrmann do Nascimento, Aux. de pesquisa do NORIE/UFRGS, Bolsista do CNPq

Mateus Bastiani Pasa, Aux. de pesquisa do NORIE/UFRGS, Bolsista do CNPq

Sheila Cristina Wendt, Aux. de pesquisa do NORIE/UFRGS, Bolsista do CNPq

## **Consultores**

Flávio Augusto Picchi, Dr., Picchi Consultoria

Maria Angelica Covelo Silva, Dra., NGI Consultoria

Hugo Camilo Lucini, Dr., Professor da UNIVALI

Rita Cristina Ferreira, Arq., DWG Sistemas

Rosni Gross, Psicóloga, Operandi Consultoria

## Colaboradores

James A. Powell, Ph.D., Professor da Universidade de Salford

Ghassan Aouad, Ph.D., Professor da Universidade de Salford

Jaime Ferstenseifer, Ph.D., Professor Titular do PPGA/UFRGS

## Equipe administrativa

Andréa Prudente Barros, Gerente administrativa

Lúcia Helena da Silva Medeiros, Auxiliar administrativa

## Editoração do relatório

Denise Pithan, Aux. de pesquisa do NORIE/UFRGS, Bolsista do CNPq

## Empresas parceiras

ARTECON Incorporações Ltda., Santa Maria - RS

BECKER Engenharia Ltda., Santa Maria - RS

BK Construções Ltda., Santa Maria - RS

BOLZAN Construções e Incorporações Ltda., Santa Maria - RS

BSF Engenharia Ltda., Porto Alegre - RS

COFRAN - Engenharia, Projetos, Construções e Incorporações Ltda., Santa Maria - RS

Construtora NIMA Ltda., Santa Maria - RS

D&M Engenharia Ltda., Porto Alegre - RS

FRANTZ & CORTEZ Construções Ltda., Santa Maria - RS

INCORPORE Planejamento e Construções Ltda., Porto Alegre - RS

LOTTICI Construção e Incorporação Ltda., Canoas - RS

SELF Engenharia e Empreendimentos Imobiliários Ltda., Porto Alegre - RS

## Currículos

**Carlos Torres Formoso** é engenheiro civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (1980). Doutor pela University of Salford, Inglaterra (1991) com pós-doutorado na University of California (2000), USA. Professor Adjunto da UFRGS desde 1989, atuando nas áreas de Gerenciamento da Construção Civil e Engenharia de Produção. Atualmente é vice-presidente da ANTAC e consultor ad-hoc da FINEP, FAPEMIG, FAPESP, FAPERGS. Membro do IGLC - International Group for Lean Construction. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de De-

envolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

E-mail: formoso@vortex.ufrgs.br

**Elvira M. V. Lantelme** é engenheira civil (1990) pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Mestre (1994) na área de Estruturas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Atualmente em doutoramento também na UFRGS. Participou de pesquisa no NORIE em projetos financiados pelo SINDUSCON/CIENTEC e HABITARE/FINEP. Atuou como professora substituta em 1996 e 1997 na UFRGS e de 1997 a 2000 na Universidade de Passo Fundo na área de Gerenciamento.

E-mail: lantelme@cpgec.ufrgs.br

**Patrícia Tzortzopoulos** é arquiteta (1995) e mestre (1999) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Em doutoramento na Inglaterra na University do Salford desde 2000. Foi professora convidada na Universidade de Passo Fundo em 1999. Atua na área de Processos Construtivos.

E-mail: p.tzortzopoulos@pgr.salford.uk

**José de Paula Barros Neto** é engenheiro civil (1990) pela Universidade Federal do Ceará - UFC e mestre pela Universidade Federal Fluminense - UFF. Doutor (1999) em Administração na UFRGS. Professor Titular da UFC desde 1992. É responsável pelas disciplinas Materiais da Construção e Qualidade em Edificações. Áreas de atuação: Administração da Produção, Gerenciamento de Obras, Planejamento e Projeto e Controle de Sistemas de Produção e Planejamento Estratégico.

E-mail: jpbarros@ufc.br

**Jaime Evaldo Fensterseifer** é engenheiro mecânico pela Brown University, Providence/USA (1972), mestre em Engenharia Industrial na University of Florida e doutor na University of California/USA. Diretor Científico da ANPAD - Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração desde 1986. Consultor ad-hoc do CNPq, CAPES, FINEP e FAPERGS. Professor titular da UFRGS desde 1974. Membro do Conselho Editorial da UFSCar desde 1998. Atua nas áreas de Administração da Produção, Organização Industrial, Gerencia de Pro-

dução e Economia de Tecnologia e Avaliação de Projetos. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.  
E-mail: jfenster@adm.ufrgs.br

**Tarcisio Abreu Saurin** é engenheiro civil pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (1994), mestre (1997), doutor (2002) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Professor visitante da UNIOESTE em 2002. Professor Adjunto na Universidade de Caxias do Sul de 1999 a 2003. Atualmente, pesquisador do Laboratório de Otimização de Produtos e Processo na UFRGS. Atua nas áreas de Gerenciamento e Economia das Construções, Ergonomia, Higiene e Segurança do Trabalho e Planejamento e Projeto e Controle de Sistemas de Produção.  
E-mail: saurin@vortex.ufrgs.br

**Maurício Moreira e Silva Bernardes** é engenheiro civil (1993) pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL, mestre (1996) e doutor (2001) na área de Estruturas na UFRGS. Professor substituto no período de 1997 a 1998 e atualmente é professor adjunto do Departamento de Engenharia Civil e Expressão Gráfica da UFRGS. Atua nas áreas de Planejamento da Produção, Sistemas de Informações e Gerenciamento das Construções.  
E-mail: bernarde@vortex.ufrgs.br

---

## 14.12 Metodologia para melhoria da qualidade e produtividade em obras habitacionais de caráter repetitivo

### Unidade executora

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET)  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)  
Rua Universitária, 2069 – Jardim Universitário  
85814-110 – Cascavel – PR  
E-mail: ricrocha@certto.com.br

### Coordenação-Geral

**Ricardo Rocha de Oliveira**

### Pesquisadores colaboradores

Ana Maria Santana de Oliveira, Eng. Civil, M.Sc. pela UFSC, Professor Assistente da UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Lígia Eleodora Francovig Rachid, Eng. Civil, M.Sc. pela UFSC, Professor Assistente da UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Paulo Afrânio Graffunder, Eng. Civil, Professor Colaborador da UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

### **Bolsistas de Iniciação Científica**

Ana Paula Zenatti

Aracelli Hamerski

Carlos Edebrando Martini

Cláudia Regina Hezel

Douglas de Paulo

Fabíola Florêncio da Rosa Gnoato

Fernanda Zaro

Ilse Regina Heydt

Simone Dall'Óglio

### **Currículo**

**Ricardo Rocha de Oliveira** é engenheiro civil (1988) pela UEL e mestre em Engenharia de Produção (1993) pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Professor Assistente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná desde 1995. Atualmente é diretor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Atua nas áreas de Processos Construtivos, Planejamento, Projetos e Controle de Sistemas de Produção e Controle de Qualidade.

E-mail: [ccet@unioeste.br](mailto:ccet@unioeste.br)

---

## **14.13 Otimização do processo de fabricação de esquadrias de madeira no centro produtor da Região Sul e desenvolvimento de janelas de baixo custo para habitação social**

### **Unidade executora**

Escola de Engenharia de São Carlos (EESC)

Departamento de Arquitetura e Urbanismo (FIPAI)

Universidade de São Paulo (USP)

Av. do Trabalhador Sancarlense, 400 - Centro

13566-590 – São Carlos – SP

Tel.: (16) 274-9229

E-mail: inoakemi@sc.usp.br | inoakemi@linkway.com.br

### **Coordenação-Geral**

**Akemi Ino, Dr.**, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da USP

### **Metodologia de Pesquisa**

**Ioshiaqui Shimbo, Dr.**, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar

### **Elaboração do Projeto de Pesquisa e Projeto do Produto**

**Gilson Lameira de Lima, Arquiteto, M.Sc.**

### **Apropriação de Custos**

**Wilson Kendy Tachibana, Dr.**, Professor do Departamento de Engenharia de Produção Mecânica, EESC/USP

### **Processo de Secagem**

**Ivaldo Pontes Jankowsky, Dr.**, Professor do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz (ESALQ) da USP

### **Processo de Usinagem**

**Marcos Tadeu Tiburcio Gonçalves, Dr.**, Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Bauru

### **Processo de Tratamento**

**Erit Jonges**

### **Disponibilidade Florestal e Processo Primário**

**Reinaldo Herrero Ponce, Eng. Florestal, M.Sc.**

### **Coordenação Executiva do Projeto**

**Luiz Gustavo Della Noce, Arquiteto, M.Sc.**

### **Custos e Processos de Produção**

**Alexandre Jorge Duarte de Souza, Eng. de Produção**

## Projeto do Produto

Renata Martins de Castro Rabbat, Arquiteta

## Estagiários

Daniel Kamekiti Ohnuma, Aluno de Eng. Civil da UFSCar

Bruno Lino Serra, Aluno de Eng. Mecânica da UNESP de BAURU

Rodrigo Augusto Dias Rodrigues, Mestrando de Eng. Florestal da ESALQ/USP

Ariel Andrade, Mestrando de Engenharia Florestal da ESALQ/USP

Marcos Bonatti, Mestrando de Engenharia Florestal da ESALQ/USP

## Empresas parceiras

Pormade - Portas de Madeira Decorativas Ltda., União da Vitória – PR

Madeporto - Comércio de Madeira Ltda., Porto Ferreira – SP

## Currículos

**Akemi Ino** é engenheira civil pela Universidade de São Paulo (1979). Mestre em Arquitetura (1984) na área de Gestão e Tecnologia para Habitação Social e doutora (1992) também pela USP. Professora da USP desde 1986, nas áreas de Gestão e Tecnologia para Habitação Social, Habitação em Madeira, Planejamento e Projetos da Edificação, Processos Construtivos, Assentamento Rural e Componentes da Construção. Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

E-mail: inoakemi@sc.usp.br

**Ioshiaqui Shimbo** é engenheiro elétrico (1975) e mestre (1985) em Engenharia Civil pela USP. Doutor em Educação (1992) pela UNICAMP. Professor da UFSCar desde 1980, coordenando o Núcleo de Extensão UFSCar-Município. Atua em diversas áreas, tais como: Políticas, Programas e Gestão de Habitação Social, Planejamento, Projetos e Tecnologias para Habitação Social, Cooperativas Populares, Técnicas de Planejamento e Projetos Urbanos e Regionais e Assentamento Rural.

E-mail: shimbo@power.ufscar.br

**Alexandre Jorge Duarte de Souza** é engenheiro de produção mecânica (1996) e mestre (2002) pela Universidade de São Paulo - USP. Atua nas áreas de Análise de Custos, Planejamento de Instalações Industriais e Desenvolvimento de Produto.

E-mail: ajsouza@hotmail.com

## Editores

**Carlos Torres Formoso** é engenheiro civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (1980). Doutor pela University of Salford, Inglaterra (1991) e tem pós-doutorado na University of California (2000), USA. Professor Adjunto da UFRGS desde 1989, atuando nas áreas de gerenciamento da Construção Civil e engenharia de produção. Atualmente é vice-presidente da ANTAC e consultor ad-hoc da FINEP, FAPEMIG, FAPESP, FAPERGS. Membro do IGLC – International Group for Lean Construction. Editor da revista Ambiente Construído.

Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

E-mail: [formoso@vortex.ufrgs.br](mailto:formoso@vortex.ufrgs.br)

**Akemi Ino** é engenheira civil pela Universidade de São Paulo (1979). Mestre em Arquitetura (1984) na área de Gestão e Tecnologia para Habitação Social e doutora (1992) também pela USP. Professora da USP desde 1986, nas áreas de Gestão e Tecnologia para Habitação Social, Habitação em Madeira, Planejamento e Projetos da Edificação, Processos Construtivos, Assentamento Rural e Componentes da Construção.

Pesquisador-bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

E-mail: [inoakemi@sc.usp.br](mailto:inoakemi@sc.usp.br)

**E**sta obra reúne um conjunto de estudos que buscam a melhoria da qualidade da Construção Civil, em especial da construção de interesse social no Brasil. São pesquisas integradas às linhas de Inovação e Transferência Tecnológica, Disseminação do Conhecimento e Gestão da Qualidade e Produtividade.

Os trabalhos foram desenvolvidos por uma rede de pesquisadores distribuída regionalmente e articulada no objetivo de desenvolver novos produtos, conceber alternativas tipológicas e aplicar tecnologias sustentáveis para habitação de interesse social, assim como organizar bancos de dados de referência para a informação em habitação. Entre outros trabalhos com potencial para redução dos custos na área do ambiente construído, há alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra, integração da cadeia produtiva e de gestão da qualidade na Construção Civil.

Os artigos que compõem esta publicação revelam o esforço de produção de conhecimento no âmbito do Programa de Tecnologia de Habitação (Habitare), desenvolvido com apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Caixa Econômica Federal (CEF). Trazem ainda exemplos da busca de articulação entre a comunidade acadêmica e os vários agentes do setor da Construção Civil – como empresas de construção, poder público, entidades setoriais, projetistas e fabricantes.

ISBN 85-89478-02-5



9 788589 478021