



COLETÂNEA HABITARE

1.

4

1. Introdução

Miguel Aloysio Sattler e Fernando Oscar Ruttkay Pereira

Este volume da Coletânea Habitare reúne os principais resultados dos projetos de pesquisa na área de Tecnologia da Habitação, contemplados com recursos da FINEP/FNDCT e do CNPq. Os projetos foram viabilizados pelo Programa Habitare, em seu Edital IV, lançado em 2000, que contemplou as seguintes Linhas de Ação: **Inovação Tecnológica, Construção e Meio Ambiente e Procedimentos Inovadores em Gestão Habitacional para População de Baixa Renda.**

Neste volume são referidos especificamente os projetos ligados à Linha de Ação em **Construção e Meio Ambiente**, que tem como objetivos específicos:

- a) o desenvolvimento de métodos de avaliação do impacto ambiental dos materiais e das tecnologias destinados à construção civil;
- b) o desenvolvimento de diretrizes de projeto e operação visando ao uso racional da energia na habitação;
- c) o desenvolvimento de tecnologias de baixo impacto ambiental; e
- d) a elaboração de propostas de políticas públicas para incentivar a reciclagem de resíduos e a redução do impacto ambiental.

Os projetos apoiados neste Edital estão relacionados às Linhas Temáticas de **Impactos Ambientais da Habitação**, incluindo **Materiais e Componentes** e considerando as **Cadeias Produtivas, Tecnologias de Reciclagem e Redução de Perdas na Construção**.

A importância dessa Linha de Ação do Programa Habitare é assinalada em inúmeros documentos, entre os quais o Relatório do CIB, que em sua publicação nº 237 (2000) aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, determinando impactos ambientais que devem ser motivo de preocupação a todos os envolvidos nas inúmeras cadeias produtivas envolvidas.

Tão preocupantes quanto os impactos associados ao consumo de matéria (em seus estados sólido, líquido e gasoso) e energia são aqueles resultantes dos resíduos gerados (também na forma sólida, líquida e gasosa), assim como a qualidade do ambiente que se proporciona às gerações atual e futuras. Tais aspectos ambientais sintetizam as relações entre construção e meio ambiente.

Dentro desse enfoque, os desafios para todos aqueles envolvidos nesse setor, visando às futuras gerações, poderiam ser traduzidos em estratégias sintetizadas da seguinte forma:

- a) reduzir e otimizar o consumo de materiais e energia;
- b) reduzir os resíduos gerados; e
- c) preservar e, na medida do possível, melhorar a qualidade do ambiente natural e construído.

Reduzir e otimizar o consumo de materiais e energia pode ser traduzido em inúmeras ações, entre as quais: o planejamento ambiental de construções; a adoção de estratégias bioclimáticas em projetos de edificações; a redução na utilização

de recursos materiais e energéticos escassos; o incentivo à utilização de materiais com menor conteúdo energético; o incentivo ao uso de fontes energéticas sustentáveis na produção de materiais e na produção e uso de edificações; e o desenvolvimento de materiais e componentes de maior durabilidade.

Reduzir os resíduos gerados implica o desenvolvimento de projetos que contemplem o desmonte e reúso de materiais e componentes, a reciclagem de resíduos de materiais e componentes não reutilizáveis e o incentivo ao uso de materiais e componentes que gerem menos resíduos, sólidos e gasosos.

Preservar e melhorar a qualidade do ambiente natural e construído significa: a) desenvolver projetos de construções e urbanísticos voltados à qualidade de vida que contemplem, em primeiro lugar, o ser humano, com preservação dos sistemas de suporte da vida; b) evitar o uso de materiais e componentes que em seu ciclo de vida coloquem em risco a saúde ou a segurança do ser humano; c) priorizar o desenvolvimento de edificações e comunidades sustentáveis e, tanto quanto possível, auto-sustentáveis; e d) na medida do possível, banir a utilização de produtos tóxicos, nocivos à saúde humana ou, na sua impossibilidade imediata, estabelecer estratégias para a sua redução gradativa.

Evidentemente, a superação de tais desafios requer uma educação para a sustentabilidade, que gradualmente seja estendida a toda a sociedade e que priorize os princípios éticos. Para a implementação de tais ações, todos os participantes das cadeias produtivas associadas à produção do ambiente construído (que envolvem projetistas, produtores de materiais, componentes e sistemas construtivos, construtores, etc.) necessitam se conscientizar da dimensão dos impactos que podem causar, para então atuar em estreita cooperação no desenvolvimento de uma **Construção** em harmonia com o **Meio Ambiente**.

Muitos autores prevêem o aumento da responsabilidade por parte dos fabricantes, que acompanharão de perto seus produtos, da matéria-prima até a entrega, aumentando a pressão para que sejam desenvolvidos novos materiais, utilizando materiais não-escassos, renováveis ou reciclados, de preferência locais, que requeiram menos transporte (em consequência, consomam menos energia e minimizem emissões); sistemas que facilitem o desmonte e a reutilização; ferramentas de projeto capazes de prognosticar e orientar o aumento da vida útil de materiais, componentes e sistemas construtivos; e uma nova logística objetivando menores impactos ambientais.

Os projetos de pesquisa contemplados no edital em foco, particularmente na linha de Ação em **Construção e Meio Ambiente**, descritos neste livro, possibilitam avanços em diversas direções. Nos capítulos são apresentadas as principais contribuições e conclusões de projetos desenvolvidos nas três linhas temáticas. Os Capítulos 2 a 5 relatam estudos focados na linha temática **Impactos Ambientais da Habitação**, incluindo **Materiais e Componentes** e considerando as **Cadeias Produtivas**.

O projeto **Estruturação de Rede Nacional de Estações de Envelhecimento Natural para Estudos da Durabilidade de Materiais e Componentes de Construção Civil**, apresentado no Capítulo 2, implantou, opera e tem disponibilizado à comunidade técnica, acadêmica ou industrial uma rede de quatro estações de envelhecimento natural, constituídas por estações identificadas a climas significativamente distintos, localizadas nas cidades de São Paulo, Rio Grande, Belém e Pirassununga. O projeto busca, pois, conhecer as transformações que os materiais sofrem quando expostos às diferentes solicitações do clima e de contaminantes, que afetam a sua **durabilidade**, complementando e esclarecendo os resultados de métodos tradicionais de envelhecimento acelerado. O projeto possui, adicionalmente, uma grande importância econômica, já que a degradação de materiais e componentes exige dispendiosas atividades de manutenção e limita a vida útil das construções.

Este projeto persegue e aprofunda uma linha de investigação iniciada em um projeto de pesquisa anterior, **Mapeamento Geográfico dos Agentes de Degradação dos Materiais**, coordenado por Lima e Morelli (2003), também viabilizado pelo Programa Habitare, e que teve por objetivo elaborar, para todo o território nacional, mapas de agressividade ambiental relacionados com a degradação dos materiais de construção.

O Capítulo 3 apresenta o projeto **Impacto Ambiental das Tintas Imobiliárias**, que visou levantar e fornecer critérios ecológicos às indústrias nacionais de tinta, de modo a minimizar o seu impacto ambiental. O projeto busca, desse modo, subsidiar as indústrias para que elas possam se adequar aos teores de compostos orgânicos voláteis (VOC), definidos como *qualquer composto orgânico que participa de reações fotoquímicas na atmosfera, que contribuem para a poluição atmosférica, afetando a saúde do trabalhador durante a fase de construção do edifício, como também reduzindo a qualidade do ar presente no interior do edifício, prejudicando a saúde dos usuários*, propostos internacionalmente, e, paralelamente, **conscientizar** o meio técnico sobre os efeitos da emissão desses compostos durante a execução da pintura e do uso do edifício. O projeto buscou, ainda, desenvolver a metodologia utilizada para identificar e quantificar o VOC de tintas látex, esmalte sintético, vernizes e solventes, e apresentar os resultados preliminares obtidos no estudo.

As análises realizadas no projeto mostraram que os produtos usados na pintura de edifícios, como as tintas látex, vernizes, esmaltes sintéticos e solventes, contêm na sua composição uma mistura de solventes (VOCs), alguns com mais de 60 substâncias. Algumas das substâncias encontradas comprometem a **qualidade do ar** no interior de edifícios, gerando problemas identificados como a Síndrome de Edifícios Doentes (SED). Tais substâncias são consideradas **nocivas à saúde** das pes-

soas. Outras substâncias, sensíveis fotoquimicamente, contribuem para a **formação do ozônio da troposfera**, considerado um dos principais poluentes atmosféricos.

O projeto Análise do Ciclo de Vida de Produtos (Revestimentos, Blocos e Telhas) do Setor Cerâmico da Indústria da Construção Civil, apresentado no Capítulo 4, sob o título **A Avaliação do Ciclo de Vida no Contexto da Construção Civil**, analisou os aspectos ambientais relacionados à produção de pisos e tijolos cerâmicos em quatro empresas localizadas no estado de Santa Catarina. Os autores, em sua análise, adotam como estrutura básica para o estudo o processo produtivo (a fábrica) de pisos e tijolos, valendo-se da ferramenta da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), adotando como categorias de impacto: o consumo de matéria-prima (argila); o uso de água; o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis (óleo diesel, gás natural e carvão mineral); a degradação de áreas pela disposição de resíduos; o aquecimento global (resultante de emissões de CO e CO₂); e a acidificação e o prejuízo à saúde humana (em função de emissões de NO₂ e SO₂). Os autores destacam que os aspectos considerados no estudo enfatizam, essencialmente, a qualidade ambiental, não levando em conta a saúde e a segurança ocupacional, nem aspectos de qualidade de produto.

Os autores destacam o importante papel que a ACV vem assumindo nos processos de tomadas de decisões em empresas, e que a sua aplicação na avaliação ambiental de sistemas e elementos construtivos possibilita uma análise mais detalhada e crítica da etapa de especificação de materiais e a promoção de melhorias ambientais, que, muitas vezes, orientam as decisões econômicas nas diversas etapas do ciclo de vida do sistema considerado. Entretanto, também ponderam que a sua aplicação para a avaliação de impactos ambientais associados à construção civil apresenta diversas limitações, especialmente quando comparada à sua utilização no meio

industrial. Destacam, nesse particular, a dificuldade em obtenção de informações e bases de dados confiáveis e completas para os materiais utilizados no setor da construção civil, o que ocorre devido à grande variedade e composição química de materiais utilizados pelo setor e à própria dinâmica de alteração e renovação, à qual estão sujeitos os espaços arquitetônicos e o meio ambiente urbano.

O Capítulo 5 apresenta o projeto **Análise de Parâmetros de Implantação de Conjuntos Habitacionais de Interesse Social: Ênfase nos Aspectos de Sustentabilidade Ambiental e de Qualidade de Vida**.

O objetivo desse projeto de pesquisa foi o de estabelecer diretrizes de implantação de conjuntos habitacionais de interesse social. O projeto se vale de técnicas e métodos empregados nos diagnósticos de Avaliação Pós-Ocupação (APO), amplamente abordados em volume específico da Coletânea Habitare (2002), aplicando-a a cinco conjuntos habitacionais localizados na cidade de Campinas, SP. A APO foi orientada por tópicos relacionados à qualidade espacial, morfológica, contextual, visual, perceptiva, social e funcional. O estudo resultou em **indicadores de qualidade de vida e diretrizes de implantação**.

Os autores do projeto concluem que é necessário repensar o processo de projeto de empreendimentos habitacionais de interesse social, indicando mudanças em três frentes: política, conceitual e programas de acompanhamento. Entendem que os resultados das pesquisas acadêmicas devem ser usados para estimular as políticas habitacionais a abandonar **as soluções defasadas e baseadas em quantidade, em detrimento da qualidade dos programas habitacionais**. Adicionam que a fase de projeto requer uma nova abordagem e uma análise sistemática para evitar a repetição de modelos inapropriados e que novos métodos de avaliação habitacional deveriam enfatizar os **indicadores de sustentabilidade e de qualidade de vida**.

Como terceiro e último passo, propõem que a população seja envolvida **de modo a participar ativamente** do processo de tomada de decisão dos projetistas e programas de acompanhamento, para ajustes das configurações físicas.

O Capítulo 6 descreve os resultados de um projeto inserido na linha temática **Tecnologias de Reciclagem**, tendo por título **Normalização do Uso de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição: Uso de Novas Técnicas de Fabricação**.

Esse projeto teve por objetivo o aperfeiçoamento da normalização para emprego de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), como **agregados reciclados** em concretos. O trabalho aprofunda um estudo prévio dos mesmos autores, Metodologia para Desenvolvimento de Reciclagem de Resíduos, publicado no Volume 4 da Coletânea Habitare (2003).

Para assinalar a importância de pesquisas associadas à reciclagem dos RCD, os autores referem que tais resíduos representam de 13% a 67%, em massa, dos resíduos sólidos urbanos, tanto no Brasil como no exterior, e cerca de duas a três vezes a massa de resíduos domiciliares. Os autores destacam que classificar o RCD mineral em resíduos de concreto, de alvenaria ou mistos não garante agregados reciclados com composição e propriedades físicas constantes, o que dificulta a sua inserção nos diversos setores de agregados. Os agregados graúdos de RCD reciclados são compostos de conteúdos distintos de massa, dentro dos intervalos de densidade, sendo uma mistura de subgrupos de agregados separados em faixas de massa específica aparente, o que influencia nas propriedades de resistência à compressão, módulo de elasticidade, retração, fluência e absorção de água dos concretos com eles produzidos.

Concluem, pois, que a massa específica aparente é um parâmetro de controle

de qualidade que pode ser facilmente empregado em **usinas de reciclagem**, para caracterizar os lotes de agregados de RCD reciclados, direcionando-os para os mercados em que serão mais competitivos.

Os Capítulos 7 e 8 se inserem na linha temática **Redução de Perdas na Construção**.

O projeto Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social: Modelo Integrado de Desenvolvimento de Produto e Gestão da Produção para Redução de Perdas, apresentado no Capítulo 7, teve por objetivo geral desenvolver um modelo de **gestão integrada de projeto e produção** para empreendimentos habitacionais de interesse social, enfatizando a redução de **perdas dos vários recursos** envolvidos na construção desses empreendimentos, tais como tempo, materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital. O projeto desenvolvido aprofunda um projeto anterior, Alternativas para Redução dos Desperdícios de Materiais nos Canteiros de Obras, publicado no Volume 2 da Coletânea Habitare (2003).

Na presente publicação são apresentados os três principais resultados obtidos nos diversos estudos empíricos realizados ao longo do projeto de pesquisa. O primeiro é um Modelo Integrado de Gestão de Projeto e Produção em Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social (GEHIS), o Modelo GEHIS, que no entender dos autores é a principal contribuição do projeto. O segundo é o Modelo Descritivo do Processo de Desenvolvimento de Empreendimentos do Programa de Arrendamento Residencial (PAR), e o terceiro é o Modelo de Elaboração do Projeto do Sistema de Produção (PSP) em Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social, que enfatiza a necessidade de **integração entre projeto e produção**, concebido a partir de um conjunto de princípios de gestão.

Finalmente, o Capítulo 8 descreve o projeto intitulado **Um Sistema de Avaliação de Fornecedores de Materiais e Componentes da Indústria da Construção Civil – Integração das Cadeias Produtivas**.

O objetivo da pesquisa foi o de propor critérios para seleção e avaliação de fornecedores de materiais e componentes integrantes da cesta básica do PBQP-H. Os pesquisadores consideraram um conjunto de 31 materiais e componentes, tendo, para a seleção e avaliação de fornecedores, efetuado um diagnóstico junto a 36 empresas construtoras do Rio Grande do Sul.

Os autores do projeto de pesquisa concluíram que, apesar do razoável patamar de desenvolvimento gerencial na amostra de empresas construtoras estudadas no estado do Rio Grande do Sul (incluindo as cidades de Porto Alegre, Santa Maria e Pelotas), com um elevado percentual de conhecimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade, uma das principais dificuldades dessas empresas está associada à **qualidade dos materiais de construção**. Concluem, ainda, os pesquisadores que a preocupação com os aspectos ambientais deve estar presente na etapa de projeto. Vários aspectos associados à **percepção e prática das questões ambientais**, por parte das empresas construtoras, são levantados e discutidos.

Referências

CIB. **Agenda 21 para a construção sustentável**. Relatório. Publicação 237. São Paulo, 2000.

LIMA, M. G.; MORELLI, F. Mapeamento dos agentes de degradação dos materiais. In: ROMAN, Humberto; BONIN, Luis Carlos (Ed.). **Coletânea**

Habitare: Normalização e Certificação na Construção Habitacional.

ANTAC, 2003. p. 55-67.

ABIKO, Alex Kenya; ORNSTEIN, Sheila (Ed.). Coletânea Habitare/FINEP –

Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de

Interesse Social. FAUUSP, 2002. 373 p.

JOHN, V. M.; ÂNGULO, S. C. Metodologia para desenvolvimento de reciclagem

de resíduos. In: ROCHA Janaíde Cavalcante; JOHN, Vanderley M. (Ed.). **Coletâ-**

nea Habitare: Utilização de Resíduos na Construção Habitacional.

ANTAC, 2003. p. 8-71.

AGOPYAN, V. et al. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos

canteiros de obras. In: FORMOSO, Carlos Torres; INO, Akemi (Ed.). **Coletâ-**

nea Habitare: Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disse-

minação do Conhecimento na Construção Habitacional. ANTAC, 2003. p.

225-249.

<p>Resultados Alcançados</p>	<p>- O projeto implantou e opera uma rede de 4 estações de envelhecimento natural localizadas em São Paulo, Rio Grande, Belém e Pirassununga.</p> <p>As estações oferecem estrutura para 4 projetos de pesquisa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudo da lixiviação de biocida, em tinta de base aquosa, e sua relação com o crescimento de microrganismos. "Estudo da durabilidade de tintas acrílicas, por meio da exposição de películas livres ao envelhecimento natural. "Estudo da influência da pintura sobre a durabilidade de perfis de PVC rígido para esquadrias. "Desenvolvimento de Tecnologia para Fabricação de Telhas de Fibrocimento / Cirm Cel. 	<p>São apresentados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - os resultados da caracterização química de 6 amostras de tinta; - as identificações qualitativas e quantitativas, por GC-MS, dos principais constituintes do VOC, nas tintas e nos filmes, obtidos após 24 horas e 7 dias de secagem; - os cromatogramas dos VOCs emitidos pelas amostras, na forma líquida, em filmes obtidos após 24 horas de secagem e em filmes obtidos após 7 e 14 dias de secagem e - os efeitos causados por alguns dos constituintes presentes no VOC, na saúde do homem. 	<p>- Os autores aplicaram metodologia de ACV, ao processo produtivo de quatro indústrias de Santa Catarina, atuando na produção de pisos e tijolos cerâmicos. Os estudos consideraram desde a extração da argila, passando por todas as etapas de produção, até a embalagem e o carregamento das peças para saída da fábrica.</p>	<p>- Os autores apresentam uma lista preliminar de diretrizes para orientar projetos habitacionais de interesse social, para obter projetos mais sustentáveis e de melhor qualidade, baseada em tópicos estudados, que levam em consideração as peculiaridades locais da cidade de Campinas, SP.</p>
<p>Observações</p>	<p>- No caso da produção de pisos, não foram inventariados os subsistemas de produção dos demais componentes utilizados, como esmaltes e tintas.</p>			

**CONSTRUÇÃO E MEIO AMBIENTE: TECNOLOGIAS DE RECICLAGEM - 1 PROJETO
CONSTRUÇÃO E MEIO AMBIENTE - REDUÇÃO DE PERDAS NA CONSTRUÇÃO - 2 PROJETOS**

Título do projeto	Normalização do Uso de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição: Uso de Novas Técnicas de Fabricação	Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social: Modelo Integrado de Desenvolvimento de Produto e Gestão da Produção para Redução de Perdas	Sistema de Avaliação de Fornecedores de Materiais e Componentes da Indústria da Construção Civil - Integração das Cadeias Produtivas
Coordenador e instituição executora	Vanderley Moacyr John PCC/USP	Carlos Torres Formoso NORIE / UFRGS	Alberto Souza Schmidt Margareth Schmidt PPGEP/UFSM
Recursos financeiros			
Ênfase metodológica	Análises laboratoriais	Desenvolvimento de estudos de caso de curta duração, com intervenção nos processos analisados	Análise do estudo de caso realizado junto a um grupo de empresas do estado do Rio Grande do Sul
Objetivos	- Apresentar um método de controle de qualidade para emprego dos agregados graúdos reciclados, provenientes da fração mineral dos resíduos de construção e demolição (RCD), em concretos, a partir de uma ferramenta de caracterização	- Desenvolver um modelo para a gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social, o qual integra as funções de desenvolvimento de produto e de gestão da produção, assim como propor métodos para o desenvolvimento de competências nas organizações para a sua implementação.	- Formular diretrizes para promover a integração das cadeias produtivas da construção civil, demonstrando a aplicabilidade de um sistema de avaliação para o processo de seleção de fornecedores, como forma de qualificação e integração das cadeias.
Entidades participantes	FUSP/EPUSP (SP)	FAURGS; UFSM, UFPEL, SINDUSCON-SM e SINDUSCON-PELOTAS (RS)	
Resultados Alcançados	Os autores propõem um método de controle de qualidade baseado na caracterização direta de amostras representativas, provenientes de lotes de agregados de RCD produzidos.	Um produto genérico foi desenvolvido no primeiro empreendimento PAR e utilizado como base para o projeto do produto específico dos demais. Os principais clientes no PDP de empreendimentos PAR foram identificados a partir de entrevistas semi-estruturadas com diversos agentes do processo e da análise de documentos. As atividades exercidas por cada agente foram representadas no modelo do PDP.	O trabalho realizado apresentou uma proposta de critérios para seleção e avaliação de fornecedores de materiais e componentes da cesta básica do PBQP-H.

<p>Resultados Alcançados (cont.)</p>	<p>Os resultados experimentais demonstraram que a massa específica aparente dos agregados controlou a resistência mecânica de concretos, confeccionados com mesmo consumo de cimento - ou relação água/cimento A soma dos teores de aglomerantes e de cerâmica vermelha também se revelou um indicador eficiente do desempenho mecânico. As mesmas conclusões foram obtidas para o módulo de elasticidade e absorção de água dos concretos.</p> <p>Os resultados revelam que a porosidade dos agregados tem duas origens principais: teor de aglomerantes e de cerâmica vermelha. Tanto o teor de aglomerantes, quanto o teor de cerâmica vermelha diminui com o aumento da massa específica aparente.</p>		
<p>Observações</p>	<p>Além de classificar agregados reciclados de acordo com sua porosidade, o método permite estimar indiretamente o nível de contaminantes.</p>	<p>O modelo identificou oportunidades de captação de requisitos que podem, cada uma, ser foco de estudos mais aprofundados. Também se constatou que os principais agentes não conheciam em profundidade o perfil dos clientes finais e suas necessidades. Assim, existe um grande potencial de aumentar o valor do produto, através da captura dos requisitos do cliente, tanto os explícitos como os latentes.</p>	<p>Há continuidade da proposta, através do projeto GESTHAB, desenvolvido em rede com sete instituições de ensino do país. Várias regiões já possuem indicadores para distintos fornecedores, além de um cadastro atualizado de fornecedores. Os autores pretendem, até o final do projeto, divulgar os indicadores dos fornecedores de materiais e componentes da cesta básica do PBQP-H. m nmm</p>