

## **MODULARIZAÇÃO COMO ESTRATÉGIA PARA AMPLIAR O CICLO DE VIDA DE PRODUTOS**

SANTOS, Aguinaldo dos, Núcleo de Design & Sustentabilidade, UFPR, asantos@ufpr.br  
RAZERA, Dalton Luis, Núcleo de Design & Sustentabilidade, UFPR, daltonrazera@ufpr.br  
SAMPAIO, Claudio Pereira, Núcleo de Design & Sustentabilidade, UFPR, qddesign@hotmail.com  
KARAM, Rodrigo, Núcleo de Design & Sustentabilidade, rod\_karam@yahoo.com

### **Resumo:**

A modulação é uma estratégia central para permitir a extensão e otimização do ciclo de vida de produtos e serviços. Neste sentido, o presente artigo revisa as principais implicações desta estratégia de projeto ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a etapa de pré-produção até o descarte. A validação dos constructos é realizada através de um estudo de caso que consiste do projeto de um móvel-divisória para habitação de interesse social. Os resultados preliminares do projeto têm comprovado as vantagens da modulação na busca pela redução do impacto ambiental de produtos ao longo de seu ciclo de vida, trazendo consigo ainda benefícios na dimensão social da sustentabilidade, dado que permitiu neste projeto maior customização de soluções às necessidades das famílias de baixa renda.

**Palavras-chave:** modularização, extensão do ciclo de vida, design sustentável

## **1. INTRODUÇÃO**

Survey realizada por Santos et al. (2007) entre empresas da construção civil procurou identificar os gargalos para a disseminação da coordenação modular. Entre os resultados daquele estudo destaca-se a percepção das empresas quanto aos benefícios da coordenação modular. Contudo, o mesmo estudo revelou entendimento equivocado ou vago acerca do significado de coordenação modular, sendo que algumas empresas nem ao menos sabiam do que se trata. Conclui-se que um gargalo para a disseminação da coordenação modular é a falta de competências para sua efetiva aplicação.

A conclusão do estudo acima tem profundas implicações para a sustentabilidade das soluções de projeto para a construção civil dado que esta é uma estratégia para a busca de produtos e sistemas mais sustentáveis.

A modulação é um instrumento geométrico, físico e econômico que tem por função compatibilizar dimensionalmente os espaços de uma edificação e dos produtos que a compõe. Como instrumento de projeto, objetiva contribuir para a melhoria da qualidade do mesmo, facilitando a concepção, elaboração e construção das edificações. A implantação da coordenação modular requer o estabelecimento de um sistema que coordene as dimensões do projeto, aliado ao ordenamento racional dos componentes de construção, em suas partes e totalidade (ANDRADE, 2000).

O presente artigo investiga as implicações da modularização na busca pela sustentabilidade. Reporta estudo de caso onde buscou-se a utilização desta estratégia no desenvolvimento de uma solução para mobiliário-divisória de habitação de interesse social.

## **2. IMPACTOS DA MODULAÇÃO NA BUSCA PELO DESIGN SUSTENTÁVEL**

### **2.1 Fase de Pré-Produção**

Na fase de pré-produção a modulação pode contribuir com a minimização de recursos dispendidos tanto na atividade projetual como em modelos e protótipos tendo em vista que cria-se a possibilidade de redução da complexidade do sistema. O uso de soluções on-the-shelf passa a ser possível, permitindo adiar decisões de projeto, conferindo ao cliente final e projetista maior flexibilidade quanto a prazos para detalhamento do projeto e, portanto, redução do volume de recursos dispendidos nesta etapa.

Uma abordagem de design sustentável associada à modulação é a definição de módulos e de elementos de conectividade padrões, permitindo agilidade no processo de projeto e, também, nas fases de montagem/desmontagem. A adoção desta estratégia aumenta a possibilidade de intercambialidade de componentes e sub-sistemas de produtos diversos, ampliando a possibilidade de otimização do ciclo de vida do produto. Tal abordagem pode ter ainda seu efeito ampliado com a busca pela redução da hierarquia entre as conexões do produto e seus sub-conjuntos.

Com a adoção da modulação há a possibilidade de se reduzir o número de materiais incompatíveis em um produto, através da integração de funções e redução no número de componentes e materiais empregados. Portanto, quando possível, o esforço de projeto deveria ser direcionado no sentido de buscar reduzir ao mínimo a variedade de materiais de um produto ou sub-conjunto deste produto. Salvo excessões a busca por um produto mono-material pode ser adotada como a meta de longo prazo no desenvolvimento de um produto

coordenado modularmente, mesmo quando há processos diferentes de transformação para o mesmo produto.

## **2.2 Fase de Produção**

Na fase de produção os impactos da modulação na produção estão na possibilidade de redução de tempos de setup e, também, redução do desperdício de recursos com transporte, movimentações e controles desnecessários. Outro aspecto importante para que a modulação alcance seu pleno benefício é de fundamental importância que sejam elaboradas soluções que permitam comunicar ao usuário/operador informações sobre os procedimentos para sua atualização ou manutenção. Na abordagem ortodoxa tais informações são transmitidas através de manuais. Como em produtos modulares há a possibilidade de manuseio individual das partes de um produto há que se refletir na fase de projeto sobre a possibilidade de integrar tais informações no próprio projeto do produto, o que pode implicar em utilização de mecanismos de comunicação que explorem outros sentidos humanos que não apenas a visão.

## **2.3 Fase de Uso**

É na fase de uso onde provavelmente residem os maiores benefícios da modulação pois cria condições para implementação de soluções voltadas à otimização da vida do produto, além de criar condições para a extensão da vida dos materiais. Os requisitos de um dado público alvo via de regra mudam com o passar do tempo, afetados em geral pela natural evolução cultural, social e econômica das pessoas. Estas variáveis associadas a fatores como mudanças de legislação e escassez de recursos naturais exigem que os produtos considerem a possibilidade de alterarem seus aspectos funcionais, estéticos e simbólicos ao longo de todo o ciclo de vida. Em decorrência, conceitos como flexibilidade, upgradability, adaptatividade começam a integrar naturalmente a lista de requisitos de usuários de produtos e sistemas e a modulação é um dos mecanismos para implementação destes conceitos.

Entre as soluções que contribuem na comunicação entre o produto modular e seu usuário esta a possibilidade de integrar ao produto sistemas que identifiquem e apontem de forma automática eventuais problemas no produto, agilizando o retorno do produto ao seu nível de servicibilidade original. Uma estratégia bastante eficiente é adoção de módulos que apresentam um desenho tal de forma a direcionar a forma de montagem e desmontagem.

## **2.4 Fase de re-uso ou descarte**

A modulação é fator de sucesso para obtenção de sucesso na fase de re-uso ou descarte. De fato, a substituição de partes de um sub-sistema, seja para estender seu ciclo de vida, seja para permitir seu re-uso, requer a intensa utilização da modulação. Da mesma forma, a destinação de todo um sistema ou suas partes para processos de reciclagem ou descarte, torna-se mais viável com a adoção de componentes e sub-sistemas coordenados modularmente.

A conectividade entre produtos modulares é particularmente importante nos casos onde há materiais potencialmente tóxicos e nocivos ao ser humano ou onde um dado componente tem elevado valor econômico.

A utilização da modulação no design de produtos e serviços tem sido largamente utilizada em vários setores industriais para predispor e facilitar a substituição de componentes e sub-sistemas, seja com o propósito de re-adequação para novas condições de uso, seja para simples atividades de manutenção. Este benefício se estende tanto para os elementos de software e hardware que compõe o produto ou sistema.

Idealmente a utilização da modulação deve permitir que sejam realizadas operações de atualização, manutenção ou adaptação do produto no próprio lugar de uso, evitando os custos econômicos e ambientais decorrentes de um eventual transporte. Neste sentido, partes do produto que possam ser mais suscetíveis a danos devem estar predispostas de forma a facilitar sua remoção e substituição, ou, alternativamente, concebidas de tal forma a torná-las mais robustas e com maior extensão de seu ciclo de vida. No caso da eventual necessidade de descarte o produto pode apontar de forma não necessariamente textual, o destino planejado de sua próxima fase no ciclo de vida ou mesmo seu re-uso.

### **3. MÉTODO DE PESQUISA**

O método de pesquisa adotado foi o estudo de caso, onde o foco foi o desenvolvimento de uma solução modular para móvel faça-você-mesmo (DIY – do-it-yourself) divisória-armário para habitação de interesse social. Para levantar os requisitos da população de baixa renda com respeito às divisórias foi realizado um levantamento na Comunidade Sambaqui, implantada através de programa habitacional da COHAB-CT, parceira do projeto. Previamente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as estratégias tecnológicas e de projeto para conferir flexibilidade no ambiente construído. Um aspecto central nos requisitos identificados é a necessidade do móvel-divisória possibilitar a definição de sua posição e funções complementares pelo próprio usuário.

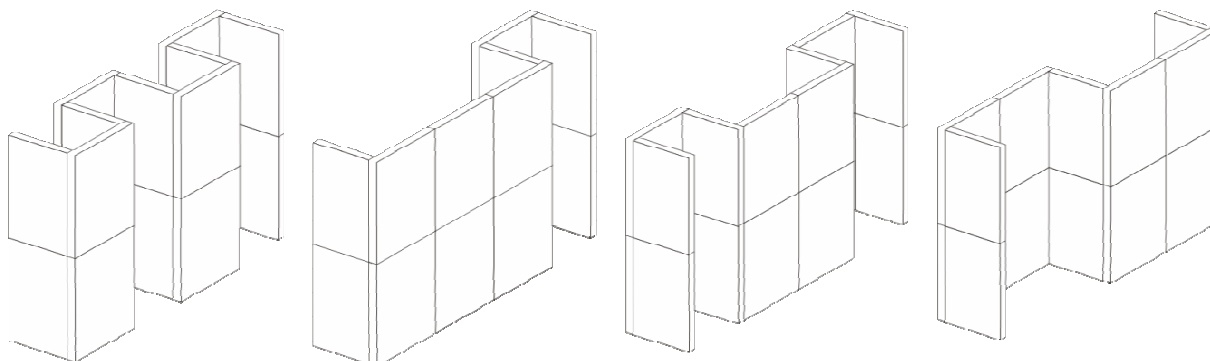
Além dos requisitos cognitivos inerentes a um produto DIY, o que implica em aplicação de soluções de design informacional, o produto deveria atender requisitos de desempenho acústico de uma vedação convencional. Desta forma, aspectos como estanqueidade, homogeneidade de espessuras, descontinuidade de estruturas, quantidade de massa foram variáveis ponderadas no processo de geração de alternativas e desenvolvimento do produto.

Realizado o briefing iniciou-se uma fase de criação com utilização de diversas técnicas de criatividade que incluíram desde o brainstorming, analogia, biônica até a técnica 635. Nesta etapa utilizou-se o processo de modularização preconizado no estudo de Pereira (2004).

### **3. RESULTADOS**

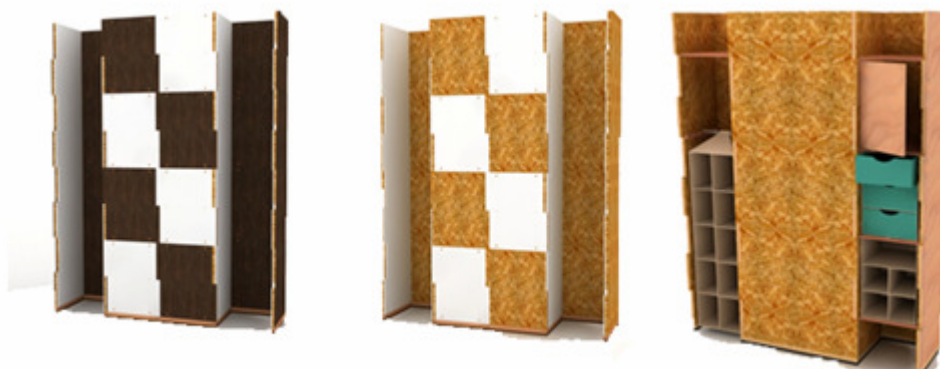
A alternativa selecionada para desenvolvimento é a que se mostrou mais próxima das competências dos parceiros industriais do projeto, maior viabilidade de desenvolvimento dentro dos prazos do projeto e de menor risco de rejeição pelo público alvo. Trata-se da alternativa “Ziz-Zag” e consiste em uma divisória armário composto de painéis e que permite o usuário decidir por diferentes configurações via coordenação modular, conforme ilustra a figura a seguir. Note-se que nesta solução o usuário pode utilizar os dois lados do

mobiliário, podendo alterar esta configuração ao longo do ciclo de vida da habitação, em função de mudanças nos requisitos da família.



**Figura 1 – Alternativa Selecionada: “Ziz-Zag”**

O foco desta alternativa é tanto a parede entre cozinha e sala como a parede entre quarto e sala, pontos onde foi identificado na pesquisa e campo como de grande demanda por soluções mais flexíveis para vedações internas. A figura a seguir ilustra algumas das alternativas de configuração deste móvel. Note-se que não foi possível encontrar nos projetos da COHAB-CT uma coordenação modular entre seus vários projetos. Assim, para a realização do presente projeto selecionou-se uma dos modelos de projeto, no qual deverá ser testado o conceito do móvel-divisória. Com base neste modelo foi desenvolvida uma tabela apresentando as combinações possíveis para a placa 45 x 45 e dois tipos de junta-vertical.



**Figura 2 – Alternativas de customização nas duas faces do Móvel Ziz-Zag**

A seleção dos materiais para as placas levou em consideração os materiais renováveis disponíveis no Paraná. Esta avaliação resultou na seleção da madeira e seus derivados como material principal a ser utilizado. A definição da composição da placa levou em consideração também a possibilidade de viabilizar sua produção em fábricas de baixo conteúdo tecnológico, junto à própria comunidade de baixa renda.

A definição do multi-módulo vem sendo estudada pela equipe levando-se em conta que o móvel-divisória poderá também ser aplicado em casas onde não houve coordenação modular no projeto original. Assim, o produto final deverá necessariamente conter componente para ajuste modular tanto junto ao forro quanto junto à parede o qual vem sendo desenvolvido pela equipe.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados preliminares deste estudo de caso mostram confirmam as vantagens da modularização propostas por Baldwin & Clark (1997), incluindo a

- Permite maior variedade de produtos e customização em massa;
- Possibilita maior velocidade de atualização do produto;
- Reduzo de custos;
- Possibilita inovação e introdução rápida de novos produtos;
- Reduz riscos;
- Contribuir para reduzir o impacto ambiental.

O uso da modulação neste estudo de caso permitiu a utilização de elementos de conectividade padrões, conferindo maior agilidade no processo de projeto e, também, nas fases de montagem/desmontagem. Confirmando as proposições teóricas do início do artigo o uso da modulação aumentou a possibilidade de intercambialidade de componentes e sub-sistemas do produto, ampliando a possibilidade de otimização do ciclo de vida do mesmo.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer à FINEP (Programa Habitar), ao CNPq e à empresa Masisa pelo financiamento desta pesquisa.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDRADE, M. Coordenação Dimensional como Ferramenta para a qualidade em projetos de habitação Popular. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB. Brasília, 2000.

BALDWIN, C.Y.; CLARK, K. Managing in an Age of Modularity. Harvard Business Review, 1997.

PEREIRA, Agnes Cristina Winter. Diretrizes para implantação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social através da modulação. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação Em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, A. ; SCHEER, Sergio ; AZUMA, Fabíola ; MARCOS, Micheline . Gargalos para Disseminação da Coordenação Modular. In: IV Colóquio de Pesquisas em Habitação, 2007, Belo Horizonte. Coordenação Modular e Mutabilidade. Belo Horizonte : UFMG, 2007.