



## AVALIAÇÃO DOS CUSTOS ASSOCIADOS AOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO EMPREGADOS EM PROTÓTIPO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL MAIS SUSTENTÁVEL

**Eugenia Aumond Kuhn (1); Miguel Aloysio Sattler (2)**

NORIE - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail:

(1) eugeniacuhn@yahoo.com.br

(2) sattler@ufrgs.br

### RESUMO

Esta pesquisa dá continuidade a um estudo iniciado em 1999 pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE). Trata-se da avaliação de um protótipo de interesse social concebido e construído segundo os princípios da sustentabilidade, o Protótipo Alvorada (PA). Até o momento, o PA já foi tema de cinco dissertações de mestrado que buscaram avaliar seu desempenho térmico e os impactos ambientais de seus materiais e componentes individualmente. O presente trabalho concentra-se em um outro e primordial aspecto, tendo em vista as limitações orçamentárias geralmente impostas aos projetos para habitações de interesse social: a avaliação econômica das soluções implementadas para os diversos subsistemas da edificação. O objetivo do trabalho é a análise dos custos dos materiais empregados na construção. Foram excluídos do estudo os gastos referentes à mão-de-obra, já que o PA foi concebido para a autoconstrução. A metodologia da pesquisa incluiu o levantamento de dados e identificação dos materiais constituintes da edificação; organização dos dados e cálculo das quantidades úteis de materiais para a construção de cada subsistema; quantificação das perdas com base nas planilhas de obra e notas de compra; levantamento dos custos unitários de mercado para os materiais de construção empregados. Concluiu-se que os custos referentes aos materiais foram considerados elevados em relação a tipologias de habitação de interesse social com área semelhante. No entanto, há de se considerar que os valores são referentes a uma unidade prototípica e tendem a ser superiores àqueles de soluções consolidadas e de implantação em grande escala. Outra ressalva é feita em relação às dimensões das fundações que, devido às características do solo local, demandaram investimentos significativamente superiores aos correntes. A contribuição do trabalho é na caracterização dos custos associados à construção de um protótipo de habitação de interesse social mais sustentável.

Palavras chave: habitação de interesse social, sustentabilidade, custos.

### ABSTRACT

This research continues the study begun in 1999 by Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE). This is about an assessment of low-income housing, designed and built according to the sustainability principles, and called the Alvorada Prototype (PA). So far, the PA has been subject of five dissertation thesis, which aimed to assess its thermal performance and the environmental impacts of its individual's materials and components. This study focuses other important aspect, having in mind the budgetary limitations generally imposed on the projects for low-income housings: the economic assessment of the solutions implemented in the building's subsystems (evaluating the costs involved). The objective of this paper is the analysis of the costs of the materials employed in the construction. The expenses referring to the labor were excluded of the study, since the PA was conceived for the self-construction. The methodology included the data estimate and identification of the materials employed in the construction; data organization and calculation of the useful quantities

of materials for the construction of each subsystem; calculation of the material losses during the construction; estimate on the market about costs of unitary materials. The results pointed out that the costs of materials are considered high when compared with usual low-income housings with similar area in Brazil. However, it is necessary to consider that it is a prototype and as a prototype, its costs are higher than those of already consolidated solutions or of the ones deployed in large scale. Besides this, the dimensions of the foundations demanded significantly higher investments than the current ones, due to the local ground characteristics. The contribution of this paper is in the characterization of the costs associated to the construction of the most sustainable prototype of low-income housing.

Keywords: low-income housing, sustainability, costs.

## 1 INTRODUÇÃO

Provavelmente nenhum outro setor da indústria tem um papel tão fundamental quanto o da construção nos esforços para alcance de sociedades mais sustentáveis (*INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - CIB*, 1999). A construção civil tem sido apontada como aquela responsável pelas maiores alterações no ambiente natural (CIB, 1999; LIPPIAT, 2002; UNEP, 2003).

Em países periféricos, somados à degradação do ambiente natural e à apropriação predatória de recursos, observa-se altas taxas de urbanização, que são indissociavelmente acompanhadas pelo progressivo déficit de infra-estrutura e moradias urbanas (SILVA; SHIMBO, 2000). No Brasil, segundo Leite (2005), as carências habitacionais constituam, talvez, o maior problema. O déficit brasileiro estimado no ano 2000 já apontava uma carência de 6.656.000 de novas moradias, com incidência notadamente urbana correspondendo a 81,3% do montante brasileiro (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2002).

Por todo este panorama, Brito e Sattler (2001) consideram que colocar em prática princípios da sustentabilidade nas cidades pode ser um dos grandes desafios ambientais desse século, e, embora tenha sido um dos temas mais polêmicos discutidos do Habitat II, o direito a moradia conquistou reconhecimento como um direito humano (SILVA; SHIMBO, 2000).

Há de se considerar que a construção e fornecimento dessas moradias refletem em intervenções no meio-ambiente, que não estão relacionadas apenas aos impactos gerados no local onde se constrói, mas a todos os processos envolvidos na produção, uso e disposição final das edificações e de seus componentes. Além disso, as características das habitações produzidas serão determinantes para a saúde e conforto de seus usuários. Assim, Krüger e Dumke (2001) afirmam que, no que se refere à construção de habitações para a população de baixa renda, não apenas os fatores de ordem ambiental devem ser considerados, mas também aspectos de custo, ou seja, de ordem econômica, e aspectos sociais.

Neste sentido, segundo Silva e Shimbo (2000), convém salientar ainda que baixas condições de habitabilidade e a degradação ambiental têm sido características das habitações produzidas até o presente momento, e não são exclusividade daquelas de ocupações clandestinas. Complementarmente, Krüger e Dumke (2001) afirmam que programas de habitação de interesse social têm implantado soluções padronizadas em todo país, independente das especificidades regionais. Assim, tipologias de projetos semelhantes e de mesmo sistema construtivo são adotadas em locais com disponibilidade de diferentes recursos naturais, assim como características climáticas, culturais e econômicas muito distintas. Ainda segundo os autores, frequentemente as expectativas e necessidades dos moradores têm sido ignoradas, bem como os danos ambientais causados pelos processos de produção e materiais incorporados. As limitações econômicas tem sido o principal argumento ao se justificar a falta de qualidade técnica das habitações, as deficiências na infra-estrutura fornecida, as restrições de área de moradias e de lotes e a escolha inapropriada de terrenos para implantação.

Buscando alternativas para a reversão do cenário apresentado, o Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) vem desenvolvendo estudos sobre o planejamento urbano e da edificação voltados para populações carentes. Um dos focos dos trabalhos tem sido uma habitação de interesse social, o Protótipo Alvorada (PA), cujo processo de projeto iniciou-se em 1995, através de um convênio firmado com a Prefeitura de Alvorada, para o desenvolvimento de um projeto de habitação popular para cidade.

O PA caracteriza-se, segundo ROSA et alii (2001), pela tentativa de desenvolver referenciais sustentáveis para habitações no ambiente urbano. Para tanto, foi projetado e construído segundo princípios de sustentabilidade. Salienta-se ainda, como indicam Costa Filho et alii. (2000), que o objetivo da construção do protótipo não foi elaborar um modelo a ser reproduzido em larga escala, mas testar, investigar e examinar alternativas tecnológicas mais sustentáveis, que fossem simultaneamente capazes de minimizar os impactos sobre o meio ambiente e atender as necessidades dos moradores. Assim, desde a sua construção, o foco dos estudos tem sido no aprimoramento e a avaliação das alternativas propostas para a habitação.

Inserido neste contexto, o presente artigo concentra-se em um outro e primordial aspecto, tendo em vista as limitações orçamentárias já mencionadas e geralmente impostas aos projetos para habitações de interesse social: a avaliação de custo das soluções implementadas para os diversos subsistemas da edificação.

## 2 OBJETIVO

O objetivo do artigo é a análise dos custos dos materiais empregados na construção, excluindo-se os gastos referentes à mão-de-obra, já que o PA foi concebido para a autoconstrução.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Objeto de estudo

O modelo do PA analisado neste artigo está implantado no Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e foi projetado para abrigar quatro moradores (figura 1). Caracteriza-se por apresentar uma tipologia de edificação térrea e isolada, com 50,51 m<sup>2</sup> de área construída, de planta aproximadamente quadrada e com cobertura voltada predominantemente para sul.



**Figura 1 - Vista norte do Protótipo Alvorada**

Não foram considerados no estudo os subsistemas de instalações elétricas e hidráulicas, inclusive por não haver até a realização do estudo projeto definitivo para os mesmos. Logo, os subsistemas avaliados correspondem aqueles já construídos até o presente momento, que foram assim subdivididos e nomeados:

- a) Fundações: executadas em pedras de granito (parcialmente reaproveitadas de estrutura pré-existente no terreno), sobre camada compactada de 30 cm de solo cimento e amarradas por vigas de concreto com seção de 15 x 20 cm, impermeabilizadas com emulsão asfáltica elastomérica.
- b) Pisos: à este subsistema correspondem, além dos pisos propriamente ditos, cerâmicos esmaltados e não esmaltados, o lastro de pedra britada de 3 cm de espessura e o contrapiso de 5 cm sobre ele. As placas cerâmicas esmaltadas, aplicadas no banheiro, foram assentadas com argamassa adesiva pré-fabricada, e aquelas não esmaltadas, aplicadas no restante da habitação, foram assentadas com argamassa de cimento e areia. A argamassa de rejuntamento para ambos os tipos de placas cerâmicas foi produzida in loco.
- c) Alvenarias: são predominantemente constituídas por fiadas simples de tijolos maciços de cerâmica vermelha, com espessura total de 10 cm. Àquelas externas orientadas a sul e a oeste foram aplicados também chapisco e massa única, como forma de aumentar a resistência térmica e a durabilidade destas fachadas que se encontram em situação mais crítica de exposição.
- d) Esquadrias: são constituídas de madeira de eucalipto de diversas espécies e atendem aos padrões de fábrica, porém, com dimensões e alguns detalhes específicos. Totalizam 7 janelas e 5 portas com um volume útil de madeira aproximado de 0,60 m<sup>3</sup>. Para proteção da madeira das esquadrias foi testado um tratamento alternativo composto por dois tipos de mistura.
- e) Cobertura: é constituída de duas águas com orientação predominantemente sul e área de projeção horizontal de 66,61 m<sup>2</sup>. A estrutura de sustentação é composta por vigas de concreto e caibros de madeira de Cedrinho e Pinus. Um incremento no isolamento térmico do subsistema é proporcionado por folhas de alumínio, reaproveitadas do processo de off-set de gráficas, fixadas entre as ripas e os caibros da estrutura. As telhas de recobrimento são cerâmicas, não esmaltadas, do tipo romana, e o forro é constituído por lambris de cedrinho.
- f) Pergolados: são dois os pergolados presentes na habitação. Um orientado a norte e outro à oeste da edificação. Os mourões (elementos verticais) e linhas (elementos horizontais) empregados na estrutura são de madeira de eucalipto, não tratada, de duas espécies (*Eucalyptus Salignas* e *Eucalyptus Grandis*). O apoio dos mourões no solo é feito através de pedras de granito, em parte reutilizados, e pequenos blocos de concreto que os mantêm distanciados do solo.

Mais informações sobre o Protótipo Alvorada podem ser encontradas dissertações de Fernandes (2004), Morello (2005) e Oliveira (2005) e nos trabalhos publicados por ROSA et alli (2001) e Costa Filho et alli. (2000).

### **3.2 Síntese dos procedimentos adotados**

A metodologia da pesquisa incluiu o levantamento de dados e identificação dos materiais constituintes da edificação; organização dos dados e cálculo das quantidades úteis de materiais para a construção de cada subsistema; quantificação das perdas de materiais; levantamento dos custos unitários atualizados para materiais e quantificação dos custos totais. Os procedimentos adotados são sinteticamente descritos nos itens a seguir, em ordem cronológica.

### *3.2.1 Levantamento de dados e identificação dos materiais constituintes da edificação*

O levantamento de dados da edificação foi a primeira atividade realizada e contemplou a identificação dos subsistemas e materiais que a compõem. A caracterização física foi realizada a partir de dados do projeto (tais como plantas baixas, cortes, elevações) e levantamento no local, o que permitiu identificar as alterações do edifício construído em relação ao projeto original. Já as informações referentes à etapa de construção foram obtidas através de entrevistas com os construtores, documentos, relatórios e planilhas de construção, tais como fotos e planilhas de controle de materiais adquiridos e de identificação de fornecedores.

### *3.2.2 Organização dos dados e cálculo das quantidades úteis de materiais*

A partir da identificação da composição dos subsistemas, partiu-se para o cálculo das quantidades úteis, ou de referência, dos materiais incorporados. Para argamassas e concretos, já em posse das informações quanto aos traços (em volume) utilizados, o cálculo dos diferentes insumos incorporados foi feito através da fórmula do consumo teórico de cimento descrita por Alves (1987). Para tijolos, telhas e placas cerâmicas, a massa útil consumida foi estimada através das fórmulas apresentadas em Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO 12, 2003), além de observações no local. Aditivos modificadores de argamassas e concreto, impermeabilizantes e produtos para tratamento e proteção de materiais em geral, tiveram seu consumo calculado a partir das indicações de uso apontadas pelos respectivos fabricantes. Os demais materiais, tais como madeiras, blocos de granito e aço, foram quantificados a partir das informações de projeto, fotos de execução e observações no local.

### *3.2.3 Quantificação das perdas*

As quantidades úteis, ou de referência, calculados para os diferentes materiais agregou-se valores relativos a perdas. Estes valores foram obtidos através de comparações entre os quantitativos de referência calculados e o consumo real de materiais registrado nas planilhas de controle de compras durante a etapa de construção e notas de aquisição de materiais.

### *3.2.4 Atualização dos custos unitários para materiais individuais e quantificação dos custos totais*

As notas e planilhas de compra de materiais utilizadas para a quantificação do consumo real dos mesmos apresentam preços correspondentes ao período de construção do PA, ou seja, a diversos períodos entre os anos de 2001 e 2002. A atualização destes valores para este artigo considerou custos unitários de materiais referentes a janeiro de 2006. Optou-se por atualizar os preços através do contato direto com os respectivos fornecedores. Desconsiderou-se a possibilidade de conversão através do Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB) devido às imprecisões intrínsecas ao procedimento. Optou-se também por contatar os fornecedores específicos de cada material, já que alguns deles não são tradicionalmente encontrados no mercado, como, por exemplo, a madeira de Eucalipto sem tratamento. Além disto, do ponto de vista do desempenho ambiental, a seleção dos produtores é um aspecto crítico e foi priorizada na etapa de projeto e construção do Protótipo Alvorada. Em posse dos custos unitários e das quantidades de materiais consumidos, foram quantificados individualmente os custos relacionados a cada subsistema.

## **4 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

A tabela 1 sintetiza os custos totais de materiais incorporados nos subsistemas individualmente e na edificação como um todo. Implicações econômicas das soluções construtivas e práticas adotadas são resumidamente analisadas no item seguinte, além de serem feitas comparações com custos de outras habitações do mesmo gênero, construídas no mesmo período. Posteriormente, considerações gerais são apresentadas no item 4.2.

**Tabela 1 - Custos de materiais incorporados no PA discriminados por subsistema**

Subsistema	Custo materiais incorporados <sup>1</sup> (R\$)	Custo das fôrmas para concretos (R\$)	Custo total (R\$)	Custo total por m <sup>2</sup> de área construída (R\$/m <sup>2</sup> )
Fundações	3.177,66	190,38	3.368,04	66,68
Piso	1.770,85	-	1.770,85	35,06
Alvenarias	3.054,74	-	3.054,74	60,48
Esquadrias	2.887,03	-	2.887,03	57,16
Cobertura	4.711,93	866,38	5.578,31	110,44
Pergolados	758,88	42,05	800,73	15,85
<b>Total</b>	<b>16.360,90</b>	<b>1.098,81</b>	<b>17.459,71</b>	<b>345,67</b>

<sup>1</sup> Incluindo-se perdas e excluindo-se fôrmas.

#### 4.1 Repercussões das soluções e práticas adotadas nos custos

Foram identificadas soluções construtivas e práticas adotadas durante a etapa de execução do protótipo, nas quais poderiam ter sido evitados o consumo de recursos desnecessários. Dificuldades de encontradas no planejamento e controle na aquisição de materiais durante alguns períodos da execução da obra foram um destes aspectos observados. Para muitos materiais, as quantidades adquiridas ultrapassam bastante as quantidades calculadas úteis, ou de referência, resultando na compra de materiais excedentes, não utilizados. São exemplos disto as madeiras de Cedrinho para o roda-forro, cuja compra excedeu em 30% a quantidade de referência calculada.

Ainda quanto a possibilidades de economia de recursos, embora parte das tábuas utilizadas para confecção das fôrmas das vigas de concreto da cobertura tenha sido reutilizada como caibros, as demais madeiras destinadas a fôrmas não foram reaproveitadas sendo que, segundo TABELAS DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS (TCPO 12, 2003), é possível reaproveitá-las até quatro vezes. Considera-se aqui, que, embora este número de reaproveitamentos apontado por TCPO 12 (2003) não pudesse ser realizado na construção de uma única habitação, o reaproveitamento das fôrmas uma vez seria tecnicamente viável e contribuiria significativamente para a redução do custo total das mesmas, que foi expressivo em relação ao todo, como se pode observar na tabela 1, correspondendo a 6,29% do custo global do protótipo.

Em contrapartida, aponta-se também como sendo positiva do ponto de vista econômico a prática de reaproveitamento de materiais, tanto provenientes da reutilização de estruturas pré-existentes no terreno, como da incorporação de resíduos de processos de outros setores. No Protótipo Alvorada foram exemplos destas práticas a incorporação de pedras de granito nas fundações, residuais de uma edificação demolida; e de chapas de off-set, resíduo de gráficas, para isolamento térmico da cobertura. A economia obtida ao todo correspondeu a R\$ 656,38, desconsiderando-se os investimentos que seriam necessários para a substituição do off-set por outro material isolante. Também há que considerar que a caliça resultante das perdas no processo de construção das alvenarias foi empregada no leito de transpiração do sistema de tratamento de esgotos implantada no protótipo, em substituição à brita que seria necessária. Esse procedimento possibilitou, além da minimização dos resíduos gerados, a economia de recursos para construção do sistema. No entanto, este valor dessa economia não foi contabilizado, pois o referido sistema não foi incluído no escopo desta pesquisa.

Quanto à participação de cada subsistema no consumo de recursos financeiros, observa-se que o subsistema de cobertura foi aquele que demandou maiores investimentos, representando 31,95% do custo total do protótipo. Entre os materiais com maior contribuição estão o forro de madeira de

Cedrinho e as fôrmas para concretagem das vigas de concreto, com custos correspondentes a R\$ 1.283,10 e R\$ 866,38, respectivamente.

O segundo subsistema com custo mais elevado foi o de fundações, imediatamente seguido pelo de alvenarias. O primeiro demandou um consumo de materiais e, consequentemente, de investimentos financeiros, significativamente altos se comparados aqueles de outras habitações de porte semelhante implantadas em outras localidades, devido às características do solo local. Como referência de custos correntes, pode-se citar aqueles orçados para modelos semelhantes ao PA, construídos no Município de Nova Harzt, onde o solo apresenta características mais favoráveis. Os custos destas fundações corresponderam a R\$ 2.284,72, ou seja, apenas 67% dos recursos despendidos para as do protótipo em estudo.

Quanto às paredes, 71,18% dos custos estão relacionados às alvenarias propriamente ditas, enquanto 28,82%, aos revestimentos das mesmas. O material mais representativo foi o tijolo cerâmico, responsável por mais da metade dos investimentos financeiros consumidos para construção deste subsistema.

Com relação ao subsistema de pisos há de se considerar que a maior parte dos recursos econômicos despendidos são relativos às placas cerâmicas de revestimento. Ressalta-se que estas são de fabricação artesanal e, por isso, apresentam custos bastante elevados se comparados a outras comumente encontradas no mercado. Assim, sua utilização só foi possível por que este material foi doado pela indústria produtora. Optou-se aqui por considerar o custo de mercado das placas utilizadas, o que conferiu alto custo ao subsistema como um todo.

Para que pudessem ser estabelecidos referenciais, foram levantadas informações sobre custos de materiais para construção de habitações de interesse social construídas durante o mesmo período de construção do PA, ou seja, entre 2001 e 2002. No contexto nacional, Krüger e Dumke (2001) realizaram um estudo de cinco tipologias habitacionais implantadas na Vila Tecnológica de Curitiba. Os aspectos priorizados no estudo foram o conteúdo energético dos materiais e desempenho térmico das habitações, mas adicionalmente também foi feita uma avaliação de custos. Embora não seja possível estabelecer-se uma comparação detalhada com os custos do PA, pois o estudo da Vila Tecnológica de Curitiba não apresenta valores discriminados para cada subsistema, podem-se fazer algumas constatações quanto aos custos despendidos para ambos. Observa-se, através da tabela 2, que à exceção da tipologia 5, todas as alternativas apresentam custos sensivelmente mais baixos que o PA. E as tipologias 1 e 2, embora apresentem custos por  $m^2$  de área construída bastante semelhantes as do protótipo, contemplam também os aqueles referentes às instalações hidráulicas e elétricas, o que significa que, considerando-se o todo, são alternativas de menor custo.

**Tabela 2 - Custos de materiais incorporados em cinco tipologias construídas na Vila Tecnológica de Curitiba**

<b>Sistemas construtivos</b>	<b>Custo total (R\$)</b>	<b>Custo total por <math>m^2</math> de área construída (R\$/m<sup>2</sup>)</b>
Tipologia 1	13.539,89	336,39
Tipologia 2	11.931,33	320,48
Tipologia 3	15.335,05	265,68
Tipologia 4	9.245,51	230,39
Tipologia 5	25.244,98	473,99

Especificamente em Porto Alegre, entre os anos de 2001 e 2002, dois modelos-padrão de habitações de interesse social eram implantados pelo Departamento Municipal de Habitação (DEMHB)<sup>1</sup> da Prefeitura de Porto Alegre. Os modelos apresentam materiais e técnicas construtivas comuns, porém diferenciam-se significativamente em relação à área construída. Aquele de maior área, denominado aqui Modelo A, foi concebido com 40,40m<sup>2</sup> para abrigar quatro moradores. O denominado Modelo B apresenta área de 23,37 m<sup>2</sup> e possui apenas 1 dormitório, destinado a duas pessoas. Os custos totais convertidos para o CUB de janeiro de 2006, incluindo mão-de-obra, movimentos de terra e todas as instalações necessárias, representaram respectivamente R\$ 24.650,63 e R\$ 19.643,08, e os custos apenas de materiais discriminados por subsistema estão apresentados na tabela 3.

**Tabela 3 - Custos de materiais discriminados por subsistema incorporados em habitações-padrão construídas pelo Demhab em Porto Alegre entre os anos de 2001 e 2002**

Subsistema	Modelo A Área: 40,40 m <sup>2</sup>		Modelo B Área: 23,37 m <sup>2</sup>	
	Custo total (R\$)	Por m <sup>2</sup> de área construída (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo Total (R\$)	Por m <sup>2</sup> de área construída (R\$/m <sup>2</sup> )
Fundações	1.179,79	29,20	843,35	36,09
Piso	762,20	18,87	559,05	23,92
Alvenarias	3.619,40	89,59	3.647,28	156,07
Esquadrias	3.784,63	93,68	2.195,82	93,96
Cobertura	2.957,72	73,21	2.297,23	98,30
<b>Total</b>	<b>12.303,74</b>	<b>304,55</b>	<b>9.542,73</b>	<b>408,33</b>

Verifica-se que o custo total do Protótipo Alvorada é superior ao de ambas alternativas apresentadas, no entanto, o custo atingido por m<sup>2</sup> de área construída, correspondente a R\$ 345,67, é intermediário àqueles obtidos pelos dois modelos do DEMHAB. Enquanto o modelo A apresenta um custo por m<sup>2</sup> de área construída 12% inferior ao do protótipo, o modelo B apresenta um custo 18% superior. Assim, embora os sistemas construtivos dos dois modelos sejam os mesmos, o custo não é diretamente proporcional à área construída, o que indica que estas diferenças de custo são ocasionadas pelas variações das formas arquitetônicas.

Os subsistemas de fundações e pisos do PA apresentaram custos bastante elevados se comparados aos das habitações construídas pela Prefeitura de Porto Alegre. Pode-se dizer que estas discrepâncias estão relacionadas a dois fatores já apontados. Para as fundações, estas diferenças se devem às características do terreno, e para os pisos, às placas cerâmicas empregadas.

Uma análise individual dos demais subsistemas demonstra que apenas as alvenarias e esquadrias das habitações do DEMHAB apresentam custos mais elevados que aquelas do PA. Os custos dos materiais de assentamento das alvenarias resultaram equivalentes, fazendo com que a diferença constatada entre os subsistemas de alvenarias estivesse relacionada principalmente à aplicação de revestimentos. Enquanto todas as paredes do PA foram executadas em fiadas simples de tijolos maciços, as habitações do DEMHAB foram construídas com paredes externas duplas e internas simples de blocos cerâmicos de 21 furos. Devido às características de acabamento, as primeiras receberam revestimento apenas naquelas fachadas cujas condições de exposição eram mais severas, enquanto as segundas exigiram a aplicação de reboco e pintura em todas as superfícies.

<sup>1</sup> Informação oral obtida no dia 7 de fevereiro de 2006 através de engenheiro civil do DEMHAB

Quanto às esquadrias, deduz-se que as diferenças de custos se devam ao material empregado, já que, inclusive, um número maior de aberturas foi empregado no Protótipo Alvorada. Tanto as portas, como as janelas externas presentes nas habitações do DEMHAB são de aço e exigiram complementarmente a aplicação de pintura. As esquadrias do protótipo, em contraste, são de madeira de eucalipto de diversas espécies e receberam apenas um tratamento alternativo de proteção.

## 4.2 Considerações gerais

Os resultados obtidos permitiram identificar os subsistemas que envolveram maiores e menores recursos financeiros. Verificou-se que, em geral, as soluções adotadas **na etapa de projeto** para aumentar o desempenho ambiental e de conforto da edificação não representaram um aumento significativo nos custos se comparadas às alternativas adotadas para demais habitações de interesse social. São exemplos destas soluções, a concepção de ambientes com pé-direito elevado e janelas altas para proporcionar ventilação natural por efeito chaminé, que implicaram na construção de superfícies maiores de paredes e na implementação de um número maior de esquadrias.

Em contraste à etapa de projeto, o que se constata é que, **na etapa de construção**, aspectos relacionados à economia de recursos, que têm implicações tanto ambientais, como econômicas receberam menor atenção. Dificuldades no planejamento para reutilização e no controle na aquisição de materiais durante a execução da obra foram aspectos observados, e que tiveram representatividade no total dos custos quantificados.

Adicionalmente a análise dos resultados apresenta as soluções e práticas adotadas que tiveram bom desempenho e aquelas que poderiam ter sido aprimoradas. Estas informações podem servir de base para o desenvolvimento de novas propostas para habitações de interesse social mais sustentáveis com custos admissíveis. Concluiu-se também que os custos referentes aos materiais foram considerados elevados em relação a outras tipologias de habitação de interesse social com área semelhante. No entanto, salienta-se também que os valores apresentados são referentes a uma unidade prototípica e tendem a ser superiores àqueles de soluções consolidadas e de implantação em grande escala. Assim, também, há que considerar que alguns materiais (de qualidade bem superior à de materiais usualmente empregados – como pisos e azulejos) foram doados por parceiros e adotou-se no custo da construção o seu valor de mercado. Outra ressalva é feita em relação às dimensões das fundações que, devido às características do solo local, demandaram investimentos significativamente superiores aos correntes.

## 5 REFERÊNCIAS

- ALVES, J. D. **Materiais de construção**. Goiânia: Editora da Universidade Federal de Goias, 1987.
- BRITO, C.; SATTLER, M. A. **Avaliação da sustentabilidade urbana da cidade de Nova Hartz**. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., 2001, Canela, **Anais**...Porto Alegre: ANTAC, 2001.
- 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., 2000, Salvador. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2000.
- FERNANDES, A. G. **Esquadrias residenciais em madeira: constextualização de variáveis para otimização de projetos**. 2004. 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2000**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2002.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION. **Agenda 21 on sustainable construction**. Rotterdam. 1999.
- KRÜGER, E. L.; DUMKE, E. M. S. Avaliação integrada da Vila Tecnológica de Curitiba. **Tuiuti**

**Ciência e Cultura.** Curitiba, v. 25, n.3, p. 63-82, 2001. Disponível em: <[http://www.utp.br/documentos/Avalia%C3%A7%C3%A3o\\_integrada\\_-\\_Vila\\_Teconol%C3%B3gica.doc](http://www.utp.br/documentos/Avalia%C3%A7%C3%A3o_integrada_-_Vila_Teconol%C3%B3gica.doc)>. Acesso em: 10 out. 2004.

**LEITE, F. L. Contribuições para o gerenciamento de requisitos do cliente em empreendimentos do programa de arrendamento residencial.** 2005. 179p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

**LIPPIATT, B. BEES 3.0 –Building for environmental and economic sustainability:** technical manual user guide. Gaithersburgh: U. S. Department of commerce, National Institute of Standards and Technology, 2002.

**MORELLO, A. Avaliação do comportamento térmico do protótipo habitacional Alvorada.** 2005. 178 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

**OLIVEIRA, D. Contribuições para a avaliação ambiental de subsistemas de cobertura de edificações de interesse social.** 2005. 172 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

**ROSA, T. F.; SEDREZ, M. M.; SATTLER, M. A.** Conforto ambiental em um contexto de sustentabilidade: o Protótipo Alvorada. **Ciência & Ambiente:** Conforto Ambiental. Santa Maria, v. 1, n. 22, p. 90-106, 2001.

**SILVA, S. R. M.; SHIMBO, I.** A identificação de interfaces entre os conceitos de desenvolvimento sustentável e os assentamentos habitacionais urbanos. 2000 Disponível em: <[file:///D:/HTML/sandra\\_silva\\_a5.htm](file:///D:/HTML/sandra_silva_a5.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2005.

**TABELAS DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS (TCPO 12).** São Paulo: Pini, 2003.

**UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. Evaluation of environmental impacts in Life Cycle Assessment.** Paris: UNEP, 2003. Disponível em: [http://rosinant.antenna.nl/scnet/fmpro?-db=scnetres\\_.fp3&format=rescatpub.html&view](http://rosinant.antenna.nl/scnet/fmpro?-db=scnetres_.fp3&format=rescatpub.html&view). Acesso em 29 jun. 2004.