



AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE 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) eugeniamkuhn@yahoo.com.br
(2) sattler@ufrgs.br

RESUMO

O setor da construção civil provoca impactos significativos sobre o meio-ambiente. Em países em desenvolvimento, esses impactos tendem a ser potencialmente maiores, tendo em vista as carências habitacionais e de infra-estrutura que, para serem supridas, demandam grande quantidade de recursos naturais. Buscando alternativas para a solução desses problemas, 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 o aprimoramento e a avaliação de uma habitação de interesse social: o Protótipo Alvorada (PA), concebido e construído segundo os princípios da sustentabilidade. Até o momento pesquisas foram desenvolvidas buscando a avaliação individual de alguns materiais e do subsistema de cobertura da habitação. O objetivo deste trabalho, em complemento, é a avaliação da habitação como um todo, através da caracterização e análise dos principais impactos ambientais relacionados aos subsistemas e aos materiais presentes no Protótipo Alvorada. Para a elaboração da metodologia buscou-se, através da revisão bibliográfica, embasamento nos sistemas de avaliação ambiental existentes. A estrutura de avaliação aplicada foi composta de critérios ambientais e os resultados apontam os benefícios e as desvantagens das soluções adotadas, permitindo a identificação das alternativas mais adequadas e daquelas que podem ser aprimoradas. Os resultados obtidos com a avaliação do Protótipo Alvorada fornecem valores de referência para comparações com novas propostas para habitações de interesse social mais sustentáveis.

Palavras-chave: avaliação ambiental; habitação de interesse social; sustentabilidade.

ABSTRACT

Considerable environmental impacts are involved in the construction industry. In developing countries, those problems tend to be bigger due to housing and urban infrastructure gaps which demand a large amount of natural resources, both material and energetic. This paper is part of a larger research study developed by Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE). NORIE developed the architectural design and built a prototype of what was intended to be a more sustainable low-income housing for the South of Brazil, the Alvorada prototype. Here, we aim to expand the mentioned research through the environmental assessment of the Alvorada Prototype subsystems and materials. It was developed a methodology which includes environmental assessment criteria selected through bibliographic research. The research allowed identifying the environmental benefits and disadvantages of the adopted solutions in the design and construction phases, and pointed/showed the most appropriate alternatives and which alternatives can be perfected. The results obtained with the assessment of the Alvorada Prototype supply too reference values for comparisons with new proposals for more sustainable low-income housing.

Keywords: environmental assessment, low-income housing, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Considera-se hoje que nos esforços internacionais para o alcance de sociedades mais sustentáveis, provavelmente nenhum outro setor da indústria tenha um papel tão fundamental quanto o da construção (*INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION*, 1999). Diversas são as repercussões econômicas, sociais e ambientais das suas atividades que contribuem para esse cenário. Em países periféricos, entre os quais o Brasil se insere, somados à apropriação predatória dos recursos e à degradação do ambiente natural, observam-se altas taxas de urbanização, que são indissociavelmente acompanhadas pelo progressivo déficit de infraestrutura e moradias urbanas.

Especificamente em relação ao meio-ambiente, o setor da construção é apontado como também responsável por grandes alterações (*INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION*, 1999). Os impactos das edificações sobre ele podem ser de diversas formas. Enquanto alguns efeitos, como geração de poeira e barulho, durante a fase de construção, têm impactos transitórios; outros, tais como emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis, podem ter efeitos mais permanentes (HARRIS, 1999). Uma série de estratégias pode ser adotada para se avaliar os impactos das edificações sobre o meio ambiente. Entre elas, os métodos, os instrumentos e as ferramentas de avaliação ambiental têm sido focos de pesquisas acadêmicas e comerciais no hemisfério norte durante a última década (ENVIRONMENT AUSTRALIA, 2001). Recentemente essa área passou a receber atenção crescente no hemisfério sul e também no Brasil.

Inserido neste contexto, e 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, visando ao desenvolvimento de um projeto de habitação popular para cidade. O modelo do PA analisado, neste artigo, está implantado no Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi projetado e construído segundo princípios de sustentabilidade. 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 às necessidades dos moradores. Assim, desde a sua construção, o foco dos estudos tem sido o aprimoramento e a avaliação das alternativas propostas para a habitação, e é, nesse contexto, que a presente pesquisa se insere.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a avaliação de uma habitação prototípica, térrea e de interesse social: o Protótipo Alvorada, através da caracterização dos principais impactos ambientais relacionados aos seus subsistemas e materiais.

3. METODOLOGIA

3.1 Objeto de estudo

O PA caracteriza-se por apresentar uma tipologia de edificação térrea e isolada, com 50,51 m² de área construída, de planta aproximadamente quadrada e com cobertura voltada predominantemente para o sul (figura 1). 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 solo cimento e amarradas por vigas de concreto impermeabilizadas com emulsão asfáltica elastomérica.
- b) Pisos: a este subsistema correspondem, além dos pisos propriamente ditos, o lastro de pedra britada e o contrapiso 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, com argamassa de cimento e areia. A argamassa de rejunteamento foi produzida in loco.
- c) Alvenarias: 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: 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 m³. Para proteção da madeira das esquadrias foi testado um tratamento alternativo composto por dois tipos de mistura.
- e) Cobertura: 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. As telhas de recobrimento são cerâmicas, não esmaltadas, 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. São de madeira de eucalipto, não tratada, de duas espécies (*Eucalyptus Salignas* e *Eucalyptus Grandis*). O apoio no solo é feito através de pedras de granito, em parte reutilizadas, e pequenos blocos de concreto que os mantêm distanciados do solo.



Figura 1: Vista norte e planta baixa do Protótipo Alvorada

3.2 Síntese dos procedimentos adotados

A revisão bibliográfica foi o principal instrumento para o desenvolvimento deste trabalho. Através dela se procurou compreender os principais mecanismos ambientais geradores de impactos ao longo do ciclo de vida das edificações e obter fontes de dados específicas para a avaliação. Para a elaboração da metodologia também se buscou, na literatura, embasamento nas ferramentas de avaliação ambiental

existentes. A estrutura de avaliação resultante, aplicada, foi composta por critérios ambientais e os procedimentos adotados, desde a seleção à caracterização final dos mesmos, são sinteticamente descritos a seguir. Acrescenta-se que não é intenção deste trabalho, através da definição dos procedimentos de caracterização de impactos ambientais, criar um método re-aplicável.

3.2.1 Seleção preliminar de critérios ambientais de avaliação

Através da análise das principais ferramentas de avaliação ambiental de edificações existentes, levantou-se uma lista preliminar de critérios ambientais pertinentes à avaliação ambiental de uma habitação de interesse social no contexto brasileiro. A possibilidade e a forma de caracterização de cada critério selecionado passaram então a ser avaliadas no decorrer da etapa seguinte: de levantamento de dados. Isso ocorre por que se partiu do pressuposto de que a estrutura de avaliação deveria ser baseada em dados disponíveis, fazendo com que a coleta de dados e a definição dos critérios e forma de caracterização dos mesmos ocorressem como processos interativos.

3.2.2 Levantamento de dados e cálculos de consumo de materiais

O levantamento de dados não ocorreu em um único período, e sim ao longo de todo trabalho. À medida que era verificada a existência de dados relevantes, considerava-se a adequação desses aos critérios previamente selecionados. Os dados levantados pertencem a duas categorias distintas. Na primeira categoria se inserem as informações específicas relativas ao Protótipo Alvorada; e na segunda, estão aquelas sobre as características e propriedades dos materiais utilizados e seus processos de manufatura no contexto nacional.

3.2.2.1 Relativos à habitação

O levantamento de dados da edificação incluiu a identificação e quantificação 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, isso 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.

A partir da identificação da composição dos subsistemas, partiu-se para o cálculo das quantidades úteis dos materiais incorporados. Aos consumos úteis ou de referência, calculados para os diferentes materiais, agregou-se valores relativos a perdas. Esses 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.

3.2.2.2 Relativos a características dos materiais e seus processos de manufatura no contexto brasileiro

A disponibilidade desse tipo de fonte de informação foi determinante para a definição da possibilidade de caracterização dos critérios de avaliação levantados inicialmente. Foram utilizados dados genéricos e específicos, obtidos de diversas fontes na literatura, por isso, freqüentemente não são representativos dos setores de produção como um todo, nem apresentavam originalmente padronização da comunicação das informações. Esses aspectos conferem imprecisões à avaliação, mas essa forma de obtenção de dados foi aquela viável para a realização do trabalho, considerando-se as disponibilidades de recursos financeiros e de tempo.

3.2.3 Definição dos critérios de avaliação e caracterização dos impactos ambientais

Os critérios de caracterização definidos buscaram abranger todas as etapas do ciclo de vida que pudessem ser quantificadas ou qualificadas. Os critérios fixados estão classificados em dois grupos: primeiro o consumo de recursos e segundo as emissões e geração de resíduos, de acordo com o tipo de carga ambiental exercida. Não são contemplados critérios relativos ao conforto do ambiente interno,

uma vez que esses aspectos de desempenho já foram bem explorados em outros dois trabalhos focados no Protótipo Alvorada. Os resultados de todos os critérios estipulados correspondem a impactos negativos ao meio-ambiente, e a forma de caracterização para cada um deles é explicitada individualmente nos itens entre 3.3.3.1 e 3.3.3.7.

3.2.3.1 Emissão de resíduos tóxicos

A caracterização desse critério baseia-se na identificação dos materiais incorporados nos subsistemas cujos processos de manufatura, o uso ou a disposição final emitam resíduos tóxicos. Não são quantificados especificamente os resíduos tóxicos emitidos, mas apenas as massas dos materiais que os emitem em alguma dessas etapas do ciclo de vida. Também não é feita diferenciação quanto aos graus de periculosidade das diferentes emissões.

3.2.3.2 Consumo de energia e emissões de CO₂ relacionadas a transportes

Para a caracterização do consumo de energia e emissões relacionadas a transportes adotam-se os mesmos procedimentos definidos nos trabalhos de Sperb (2000) e Oliveira (2005). O cálculo da energia consumida é feito através do produto da massa do material pelo índice energético para transporte e pela distância transportada. Ao resultado, em MJ, se aplica o índice de emissões de CO₂ gerado pela queima de óleo diesel em veículos europeus pesados de transporte de carga, que, segundo IPPC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1996) corresponde a 74 g/MJ. As distâncias transportadas correspondem àquelas entre as cidades produtoras dos materiais e Porto Alegre. Foram extraídas do site MSN Maps & Directions (2005) e consideram-se os percursos mais rápidos entre os centros das cidades.

3.2.3.3 Consumo de energia para processos

O cálculo do consumo de energia para processos é realizado a partir do produto dos índices energéticos dos diferentes materiais pelas suas respectivas massas. Os índices energéticos adotados não correspondem àqueles específicos às indústrias de origem dos materiais empregados. Foram obtidos através da literatura, o que confere certa limitação à caracterização desse critério, já que muitas vezes os índices disponíveis se referem a grupos pequenos de indústrias ou até mesmo à uma única indústria, não representando o desempenho do setor como um todo.

3.2.3.4 Incorporação de recursos não reaproveitados

Esse critério caracteriza a quantidade de recursos reaproveitados em relação à de recursos novos incorporados na edificação. Foi feita uma distinção dos materiais em função do tipo de reaproveitamento de recursos empregados. Materiais residuais oriundos de outros processos ou da demolição de edificações, e que não sofrem nenhum novo processo para serem incorporados à edificação são denominados reutilizados. Esses materiais têm 100% da sua massa caracterizada como recursos reaproveitados. Materiais com conteúdo reciclado, em contraste, freqüentemente apresentam apenas parte de sua composição formada por recursos reaproveitados, além disso, caracterizam-se por exigirem novos processos de manufatura. Esses materiais são identificados como aqueles cujos processos de fabricação adotam como prática corrente a incorporação de resíduos gerados por outros processos produtivos. Tais práticas foram identificadas a partir de informações disponibilizadas pelos fabricantes ou por trabalhos específicos sobre materiais. Salienta-se, no entanto, que não foi estimada quantitativamente a massa de resíduos incorporados; o critério baseia-se apenas na quantificação das massas de materiais que não foram reutilizados ou que não possuam insumos reciclados.

3.2.3.5 Incorporação de recursos sem potencial de reaproveitamento

Esse critério fundamenta-se na identificação dos materiais incorporados na edificação que apresentem baixo potencial para reutilização ou restrições para reciclagem. A caracterização é feita através da quantificação das massas de materiais que possuam baixo ou nulo potencial para reaproveitamento em relação àqueles que apresentem médio ou alto potencial.

3.2.3.6 Perdas de recursos

A caracterização desse critério é feita através da relação entre o consumo de referência (ou útil) calculado e o consumo real de recursos, determinados através das planilhas de controle de compras de materiais durante a etapa de construção. É considerado, como perda, o consumo de recursos excedentes aos valores de referência, incluindo tanto aqueles que se converteram em resíduos, quanto àqueles incorporados à edificação durante a etapa de construção ou devido a não otimização de projetos específicos.

3.2.3.7 Uso de madeira nativa não certificada

A caracterização desse critério está atrelada à consideração de que até o presente momento há disponibilidade restrita de madeira nativa brasileira, certificada no mercado nacional. Além disso, como algumas espécies tradicionalmente utilizadas na construção civil, encontram-se ameaçadas, considera-se, neste trabalho, um impacto ambiental negativo o uso da madeira proveniente de florestas nativas. Assim, como alternativa, propõem-se o uso de madeira de reflorestamento, de espécies não nativas e caracteriza-se esse critério através da relação entre as massas de madeiras nativas e não nativas empregadas na edificação. Salienta-se que foram quantificadas, além das madeiras incorporadas, também aquelas utilizadas para a confecção das formas para concretos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Optou-se por estabelecer uma forma de visualização dos resultados, através de gráficos que caracterizassem os impactos da edificação em duas escalas: global e por subsistema. A tabela 1 sintetiza os quantitativos gerais (em massa) de materiais incorporados nos subsistemas; e os resultados da caracterização de impactos ambientais estão resumidos no item seguinte. Considerações gerais são feitas no item 4.2.

Tabela 1- Quantitativos gerais de materiais incorporados no PA discriminados por subsistema

Subsistema	Massa materiais reaproveitados (kg)	Massa materiais não reaproveitados (kg)	Massa total incorporada no subsistema (kg)
Fundações	8.363,92	40.858,46	49.222,39
Piso	0,00	14.169,34	14.169,34
Alvenarias	5,41	32.082,31	32.087,72
Esquadrias	0,00	984,88	984,88
Cobertura	578,55	11.313,40	11.891,95
Pergolado	192,81	2.260,95	2.453,76
Total	9.140,69	101.669,35	110.810,04

4.1 Aplicação dos critérios ambientais

Os únicos materiais responsáveis por emissões tóxicas são o aço e a essência de terebentina. A quantidade de aço utilizada nas vigas de coroamento e de baldrame foi responsável pelo desempenho obtido pelos subsistemas de cobertura e fundações, significativamente inferiores aos dos demais subsistemas (gráfico 1). O aço, no entanto, é responsável por emissões apenas durante o processo de fabricação. Quanto a emissões no ambiente interno, a essência de terebentina, utilizada para diluir o óleo de linhaça, tratamento alternativo para madeira das esquadrias, foi a única substância identificada. A esse respeito deve-se fazer uma análise mais profunda da periculosidade de seus efeitos se comparados com a daqueles de alternativas tradicionais de tratamento da madeira.

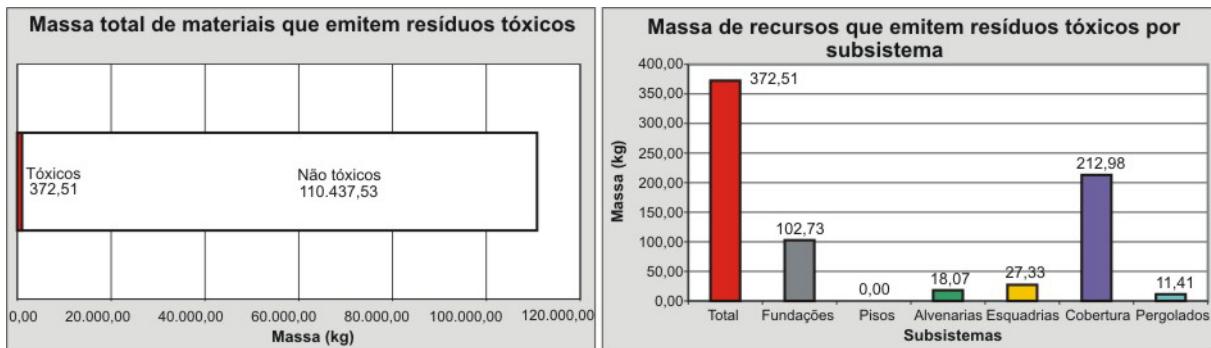


Gráfico 1- Emissão de resíduos tóxicos

Os resultados dos critérios de consumo de energia e emissões de CO₂ relacionados ao transporte (gráficos 2 e 3) estão diretamente vinculados entre si. O subsistema de cobertura foi o que atingiu pior desempenho em ambos, sendo que 90,5% do consumo de energia e emissões desse subsistema são decorrentes da utilização da madeira de cedrinho proveniente do Mato Grosso do Sul, tanto na estrutura, como na confecção de formas para vigas de concreto. Esse material de construção é aquele cuja origem de produção é a mais distante da cidade de Porto Alegre, e o único, além do vidro (utilizado em pequena quantidade), não fabricado no Estado do Rio Grande do Sul. Ainda assim, esses valores de consumo podem ser considerados baixos, se comparados aos obtidos por Sperb (2000) na caracterização dos gastos energéticos para transportes dos subsistemas de cobertura e paredes de 5 tipologias de habitações de interesse social implantadas na Vila Tecnológica de Porto Alegre.

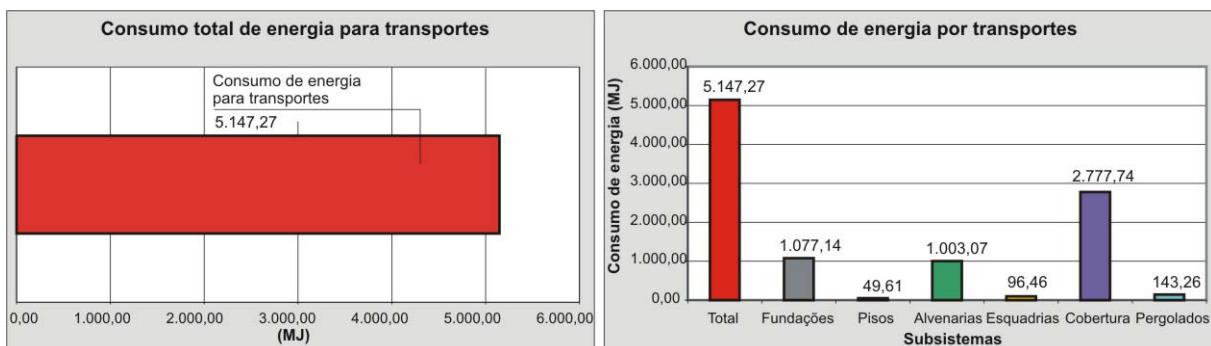


Gráfico 2 - Consumo de energia para transportes

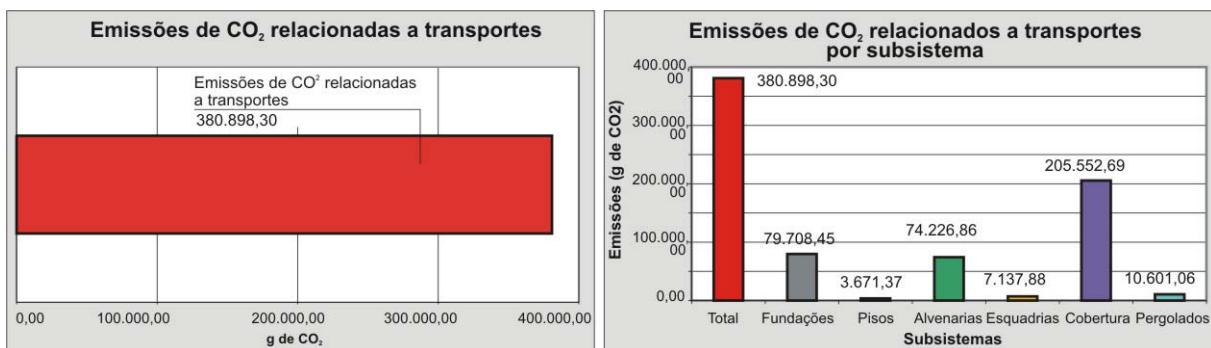


Gráfico 3 - Emissões de CO₂ relacionadas a transportes

Quanto ao consumo de energia para processos de fabricação, o valor resultante corresponde, segundo o estudo de Hansen (2000), a energia operacional requerida ao longo de 18 anos de uso de uma edificação de mesmo padrão. Destacam-se os impactos gerados pelos subsistemas de alvenarias e cobertura (gráfico 4). O consumo de energia do primeiro por m² de área construída, embora não

explicitado no gráfico, correspondeu a 1.104,90 MJ; enquanto do segundo, a 811,56 MJ. Esses valores são um pouco altos se comparados ao obtidos por Sperb (2000) e intermediários aos obtidos por Krüger e Dumke (2001), que realizaram caracterizações de gastos energéticos para esses dois tipos de subsistemas em estudos sobre a Vila Tecnológica, respectivamente, de Porto Alegre e de Curitiba.

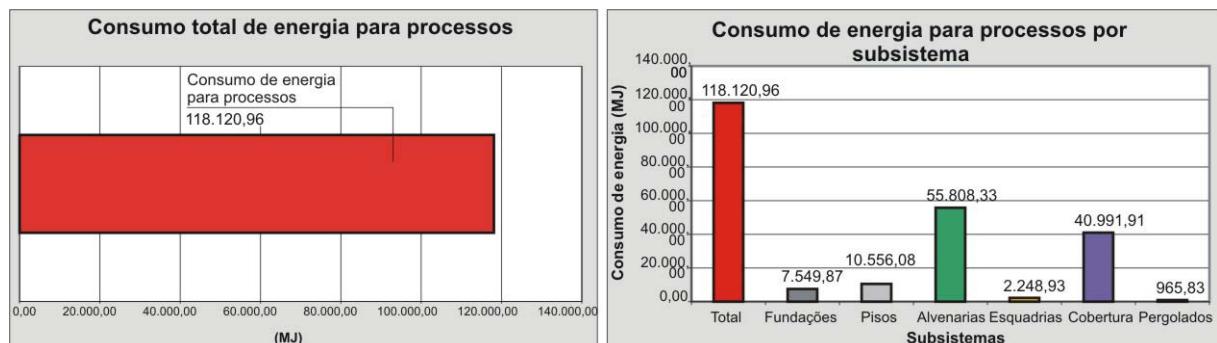


Gráfico 4 - Consumo de energia para processos de fabricação de materiais

Os resultados obtidos no critério de incorporação de recursos não reaproveitados (gráfico 5) indicam que apenas um pequeno percentual dos materiais incorporados no PA, é oriundo de reaproveitamentos. No entanto, não sendo prática corrente no Brasil a reutilização estruturas pré-existentes ou materiais residuais de demolições de edificações, o mérito desta iniciativa está na demonstração das vantagens de sua implantação.

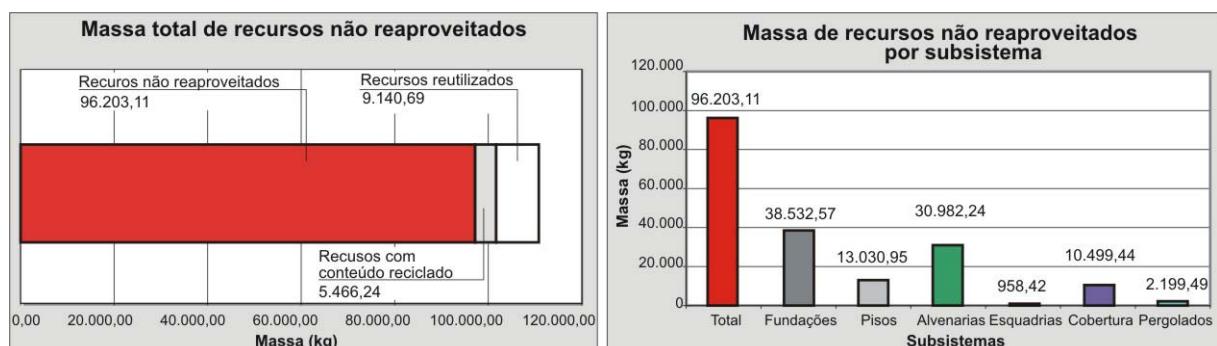


Gráfico 5 - Incorporação de recursos não reaproveitados

Ocorre para o critério de incorporação de recursos sem potencial de reaproveitamento (gráfico 6) que os subsistemas com desempenho inferiores são aqueles que apresentam maiores massas de recursos incorporados, embora esses também contenham grande massa de recursos com alto potencial de reaproveitamento. Subsistemas com grandes quantidades de concreto e de argamassas tendem a apresentar potenciais de reaproveitamento inferiores.

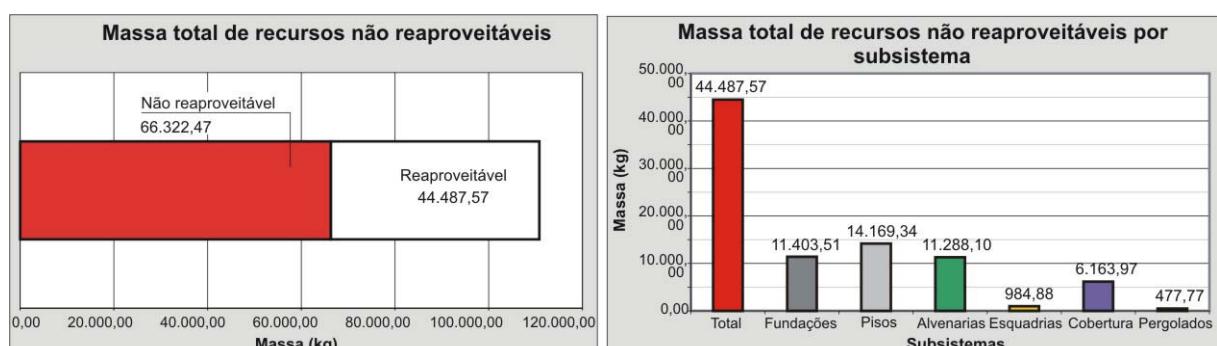


Gráfico 6 - Incorporação de recursos sem potencial de reaproveitamento

Verifica-se através do critério de caracterização de perdas, que essas estão entre as médias constatadas em estudos da área. No entanto, para muitos materiais, as quantidades consumidas ultrapassam as quantidades calculadas úteis, ou de referência, devido à falta de planejamento e controle na compra de materiais durante a execução da obra, o que resultou na aquisição materiais excedentes, não utilizados.

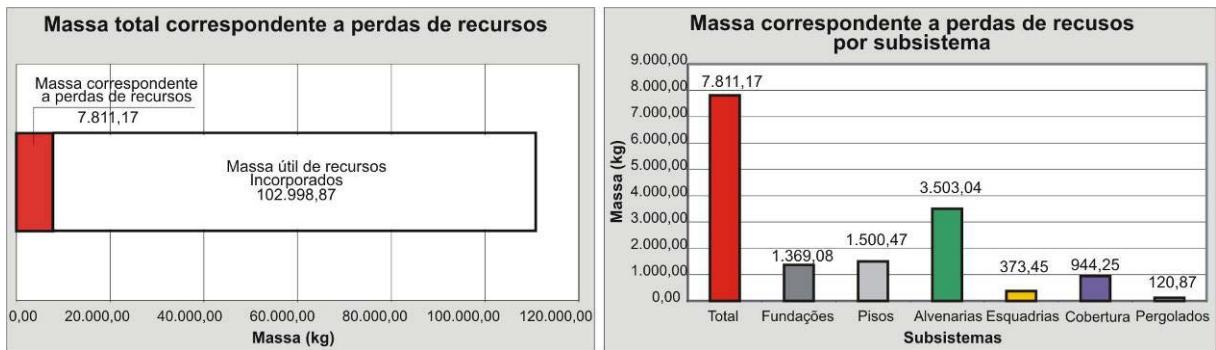


Gráfico 7 - Perdas de recursos

No critério consumo de madeira nativa não certificada o subsistema de cobertura apresentou desempenho negativo contrastante em relação aos demais (gráfico. 8), devido ao consumo da madeira de cedrinho. Além disso, pode-se considerar que mesmo o uso de madeira não nativa de reflorestamento poderia ter sido reduzido. Embora parte das tábuas utilizadas para confecção das formas das vigas de concreto da cobertura tenha sido reutilizada como caibros, as demais madeiras destinadas às formas para concretos não foram reaproveitadas, o que, se tivesse sido feito, reduziria o consumo das mesmas à metade.

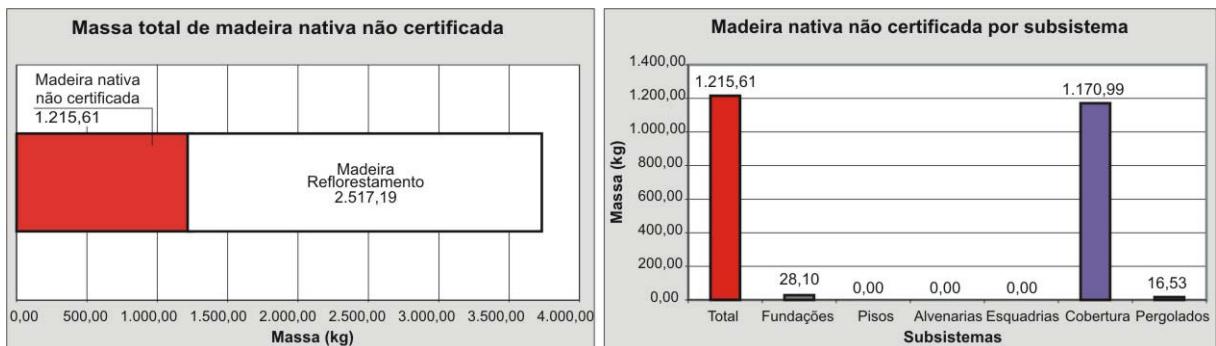


Gráfico 8 - Consumo de madeira nativa não certificada

4.2 Considerações gerais

Uma análise geral do processo e das dificuldades encontradas no desenvolvimento do trabalho permite também que sejam feitas certas considerações, não expressas diretamente através dos resultados obtidos. Constatou-se, o que também já foi apontado em outros trabalhos desenvolvidos na área (OLIVEIRA, 2005; SILVA, 2003; SPERB, 2000), uma carência de dados atuais e precisos relativos a materiais de construção no contexto nacional, o que traz imprecisões ou exige o dispêndio de consideráveis recursos financeiros e de tempo para a realização de avaliações de edificações como estas.

No entanto, verificou-se aqui, que, para a realidade brasileira, a solução desse problema não está apenas relacionada à criação de banco de dados genéricos, representativos de setores como um todo. As indústrias brasileiras apresentam uma heterogeneidade de processos produtivos, que reflete na geração de impactos ambientais muitos diferentes para a fabricação de produtos similares. Assim, a seleção de fornecedores torna-se um aspecto crítico para o desempenho da edificação como um todo.

E essa questão, que foi priorizada na etapa de projeto e construção do Protótipo Alvorada, acabou por ter seus benefícios diluídos nesta avaliação devido à necessidade de utilização de dados não específicos. Igualmente crítica foi a obtenção de dados de referência para comparação dos resultados de desempenho do PA. Verificou-se a indisponibilidade de estudos no Brasil, relacionados à avaliação ambiental de habitações de interesse social como um todo. Os trabalhos encontrados se limitam à análise de subsistemas isolados e, alguns avaliam apenas aspectos relacionados ao consumo de energia.

Apesar das limitações apontadas, os resultados obtidos permitiram identificar quais subsistemas apresentam pior desempenho ambiental e, por sua vez, quais os pontos ambientalmente críticos nos mesmos, determinantes para essa condição. Essas informações podem ser referenciais para o desenvolvimento de novas propostas para habitações de interesse social mais sustentáveis. Adicionalmente, fornecem dados para comparações com novas avaliações ambientais a serem desenvolvidas, e permitirá que comecem a ser estabelecidos valores de referência quanto ao desempenho de habitações desse gênero.

5. REFERÊNCIAS

- ENVIRONMENT AUSTRALIA. **Background Report: LCA tools, data and application in the building and construction industry**. Australia: Department of the Environment and Heritage, 2001. 30p. Disponível em: <<http://www4.byg.dtu.dk/subwebs/petus/WP%202%20tools/LCA-tools%20BackgroundReportfinal.pdf>>. Acesso em: 26 de janeiro 2006.
- HANSEN, M. D. A. **Padrões de consumo de energia elétrica em diferentes tipologias de edificações residenciais em Porto Alegre**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- HARRIS, D. J. A quantitative Approach to the assessment of environmental impact of building materials. **Building and Environment**. v. 34. p. 751-758. 1999.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Revised 1996 IPPC Guidelines for National Greenhouses Gas Inventories**: Reference Manual. Geneva, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm>>. Acesso em: 05 dez. 2005.
- 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 Ciéncia 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>. Acesso em: 10 out. 2004.
- MSN MAPS & DIRECTIONS**. Disponível em: <[http://maps.msn.com/\(tdmmshzrchkvurv55qj0fmurs\)/map.aspx?L=USA&C=52.29999924,4.76999998&A=70&redirect=false](http://maps.msn.com/(tdmmshzrchkvurv55qj0fmurs)/map.aspx?L=USA&C=52.29999924,4.76999998&A=70&redirect=false)>. Acesso em: 12 dez. 2005.
- 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.
- SILVA, V.G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes e base metodológico. 2003. 210 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SPERB, M. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**. 2000. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.