

# **AVALIAÇÃO DE TIPOLOGIAS HABITACIONAIS A PARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS A MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**SPERB, Márcia R. (1); SATTLER, Miguel A. (2)**

(1) Eng. Civil, Candidata a Mestre em Engenharia no NORIE/CPGEC/UFRGS, Av. Osvaldo Aranha, 99, 3º andar, CEP: 90035-190, Porto Alegre, RS. E-mail: Sperb@vortex.ufrgs.br

(2) Eng. Civil, Eng. Agrônomo, PhD., professor no NORIE/CPGEC/UFRGS, Av. Osvaldo Aranha, 99, 3º andar, CEP: 90035-190, Porto Alegre, RS. E-mail: Sattler@vortex.ufrgs.br

## **RESUMO**

O principal objetivo deste artigo é avaliar as cinco tipologias habitacionais da *Vila Tecnológica* de Porto Alegre, em termos dos impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida dos materiais de construção. Analisa-se o grau de exploração de recursos naturais, os gastos energéticos durante a manufatura e transporte dos materiais de construção desde seu produtor até o local da obra, e o potencial destes materiais para uma futura reciclagem. Somente foram avaliados os materiais utilizados nas paredes e coberturas, e as distâncias de transporte foram obtidas através da localização dos seus prováveis produtores. Os principais resultados demonstraram que alguns materiais selecionados necessitam matérias-primas escassas. Os gastos energéticos na manufatura e no transporte dos materiais apresentaram valores diferentes entre as tipologias habitacionais e entre si. Em todos casos, os gastos energéticos durante o transporte foram menores do que durante a manufatura. Todos os materiais selecionados permitem uma posterior reciclagem, com algumas exceções.

## **ABSTRACT**

The main goal of this paper is to evaluate the five dwelling types of the *Vila Tecnológica* of Porto Alegre, fit to the environmental impacts related to the building materials life cycle. The natural resources exploitation, the energy consumption during the manufacture and transportation of the building materials from their producers to the construction site, and the materials potential to be recycled later were analyzed. Just the materials of the walls and the roofs were evaluated, and the transport distances were obtained through the localization of their probable producers. The main results

demonstrated that some of the selected materials need scarce raw materials. The energy consumption during the manufacture and the transportation of the materials presented different values among the dwelling types and among themselves. In all cases, the energy consumption during the materials transportation was smaller than during their manufacture. All the selected materials can be recycled later, with some exceptions.

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho está inserido no amplo contexto de desenvolvimento sustentável, que resumidamente pode ser definido como o desenvolvimento da sociedade humana a partir de alguns princípios básicos diretamente relacionados a preocupações com as gerações futuras, com a parcela da população de baixo poder econômico, com a integridade ambiental dos ecossistemas terrestres e com a participação de toda a população nas decisões que a afeta (MITCHELL et al. apud CURWELL et al., 1997).

Especificamente com ênfase nos aspectos ambientais que estão inseridos no conceito de desenvolvimento sustentável, LYLE (1994) afirma que atualmente convive-se com vários sinais onde o ambiente natural não se encontra tão saudável como deveria, tanto a nível global quanto local. LYLE (1994) também alerta para a questão da sustentabilidade incentivando a realização de projetos regenerativos, compostos por processos de produção fechados, buscando o máximo aproveitamento de matérias-primas e resíduos. Afirma que o homem tem utilizado recursos naturais e gerado resíduos sólidos, líquidos e gasosos acima do poder de regeneração da natureza, criando grandes impactos ambientais ao planeta, e que este cenário deve ser combatido através do incentivo a minimização do uso de recursos e a maximização do aproveitamento dos resíduos gerados.

BALDWIN et al. (1998) acrescenta que o setor da construção é um dos grandes responsáveis por vários impactos ambientais. Com ênfase no estudo dos materiais utilizados no setor da construção civil, observa-se que as pesquisas em materiais de construção devem ser orientadas visando facilitar a análise dos impactos ambientais envolvidos em todo o ciclo de vida destes materiais. Desta forma, o presente trabalho pretende colaborar para a caracterização dos principais impactos ambientais envolvidos no ciclo de vida de materiais de construção civil, abrindo o caminho para uma futura inclusão de considerações ambientais na fase de escolha dos materiais a serem utilizados na construção de uma edificação e consequentemente minimizando os impactos ambientais.

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho possui como objetivo comparar as cinco tipologias habitacionais presentes na Vila Tecnológica de Porto Alegre, em termos dos impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida dos materiais de construção civil selecionados, principalmente durante a etapa de extração de matérias-primas, produção dos materiais de construção, transporte dos mesmos até o local da obra e por fim a etapa de disposição final.

### **3. MÉTODO**

#### **3.1. Revisão bibliográfica**

Em termos gerais, primeiramente realiza-se uma revisão bibliográfica sobre as relações entre o conceito de sustentabilidade, impactos ambientais e o setor da construção civil. Logo após, realiza-se uma minuciosa revisão bibliográfica especificamente sobre as relações entre impactos ambientais e materiais de construção civil, observando exemplos de métodos de análise de impactos ambientais relacionados com o ciclo de vida destes materiais e simultaneamente buscando enfatizar a utilização de dados compatíveis com a realidade brasileira. Salienta-se que foram estudados os principais impactos ambientais envolvidos em cada etapa do ciclo de vida de materiais de construção em geral.

#### **3.2. Delimitações para o estudo de caso**

A partir da avaliação dos dados obtidos através da revisão bibliográfica, busca-se delimitar as etapas do ciclo de vida de materiais de construção civil, assim como os impactos ambientais e os materiais de construção possíveis de serem analisados no presente trabalho. Desta forma, delimita-se o estudo somente dos materiais que constituem as paredes e a cobertura das cinco tipologias habitacionais em questão, e delimita-se a análise somente dos seguintes impactos ambientais: o grau de exploração de recursos naturais escassos; o conteúdo energético apresentado pelos materiais de construção utilizados; os gastos energéticos durante o transporte destes materiais de construção, desde o seu produtor até o local da obra; e o potencial de reciclagem apresentado pelos materiais.

#### **3.3. Estudo de caso**

Após a delimitação dos impactos ambientais e dos materiais de construção a serem estudados no presente trabalho, realiza-se um diagnóstico preliminar das cinco tipologias habitacionais da Vila Tecnológica da cidade de Porto Alegre através de:

- a) Coleta de dados gerais e específicos buscando-se a caracterização dos materiais de construção civil selecionados, através de contato com o Departamento Municipal de Habitação (DMHAB) e com os responsáveis pelo projeto e pela construção de cada uma das cinco tipologias habitacionais;
- b) Cálculo dos quantitativos dos materiais selecionados para a construção das paredes e coberturas das cinco tipologias habitacionais, em unidade de massa (kg).

Após a caracterização dos materiais de construção a serem utilizados em cada uma das tipologias habitacionais em estudo, determina-se:

- a) As matérias-primas básicas para produção de cada um dos materiais, e consequentemente o grau de exploração de recursos naturais;
- b) O potencial de reciclagem dos materiais de construção selecionados.

Após a caracterização e quantificação dos materiais de construção a serem utilizados em

cada uma das tipologias habitacionais em estudo, obtém-se:

- a) O conteúdo energético, através da multiplicação de cada quantitativo de material de construção pelo seu respectivo índice energético;
- b) Os gastos energéticos com o transporte, através da localização dos prováveis produtores de cada material, a partir de informações dos responsáveis por cada tipologia habitacional.

### 3.3. Avaliação final

Por fim, compara-se as cinco tipologias habitacionais presentes na Vila Tecnológica da cidade de Porto Alegre, em termos dos materiais e impactos ambientais delimitados anteriormente.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Anteriormente a análise de resultados propriamente dita, deve-se enfatizar que a análise comparativa das cinco tipologias habitacionais da Vila Tecnológica de Porto Alegre, cujas principais características são apresentadas na Tabela 01, foi realizada somente em termos dos materiais de construção constituintes das paredes e coberturas das mesmas.

**Tabela 01** - Características gerais das cinco tipologias habitacionais estudadas.

TIPOLOGIA HABITACIONAL	1	2	3	4	5
Tipologia A	34,92	68,26	49,41	40	Sala/Cozinha; Banho; Um dormitório; Circulação.
Tipologia B	36,55	106,10	45,83	34	Sala; Cozinha; Banho; Dois dormitórios; Circulação.
Tipologia C	40,00	89,26	56,81	35	Sala; Cozinha; Banho; Dois dormitórios.
Tipologia D	52,30	123,56	60,21	34 e 40	Sala/Cozinha; Banho; Três dormitórios; Circulação.
Tipologia E	39,85	96,80	54,18	35	Sala/Cozinha; Banho; Dois dormitórios; Circulação.

1: área útil ( $m^2$ )

2: área de paredes, já descontados todos os vãos ( $m^2$ )

3: área de projeção horizontal da cobertura ( $m^2$ )

4: inclinação da cobertura (%)

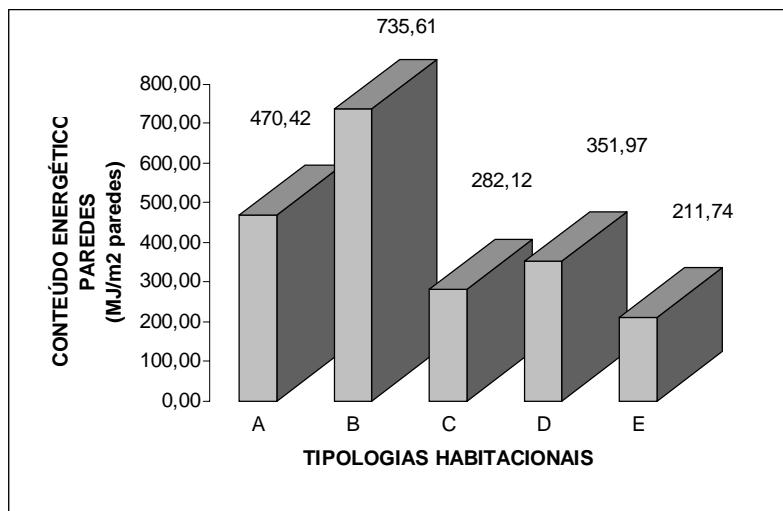
5: cômodos

**Fonte:** Própria.

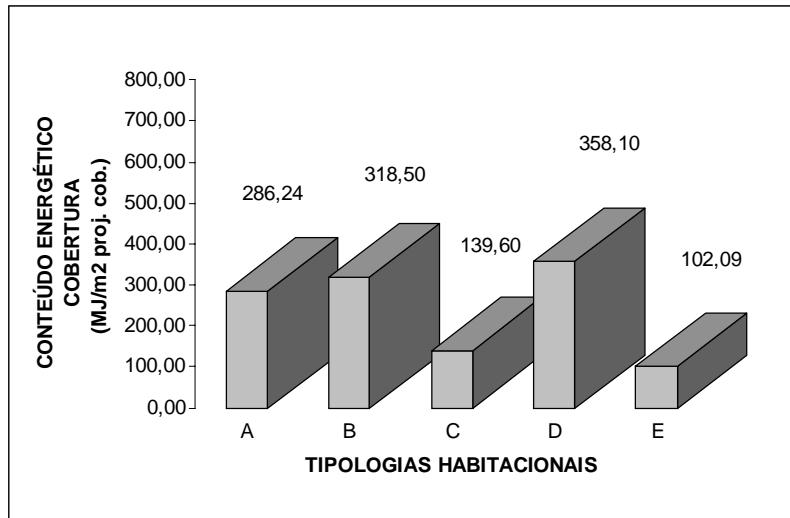
Quanto aos resultados obtidos sobre o grau de exploração de recursos naturais, pôde-se observar que enquanto alguns materiais selecionados são provenientes da utilização de recursos naturais abundantes no planeta, outros exigem matérias-primas cuja reservas naturais já apresentam alguma escassez. Concluiu-se que aquelas tipologias habitacionais relacionadas com uma maior utilização de materiais como o aço, poliestireno expandido, polietileno de alta densidade, azulejos e madeira compensada, representam tipologias habitacionais geradoras de um maior impacto ambiental em relação a exploração de recursos naturais. Desta forma, deve-se buscar reduzir ou até eliminar a utilização destes materiais através da substituição dos mesmos por materiais alternativos, para fins de minimização dos impactos ambientais causados pela escassez de recursos naturais. Além disto, deve-se sempre ter em mente a necessidade de redução da exploração de recursos naturais em geral, visando reduzir os impactos ambientais relacionados a esta exploração.

Quanto aos resultados obtidos sobre o conteúdo energético, pode-se observar na Figura 01 o conteúdo energético referente aos materiais selecionados para as paredes de cada tipologia habitacional, em unidades de energia por unidade de área de parede ( $\text{MJ/m}^2$  de parede). Já na Figura 02, observa-se o conteúdo energético referente aos materiais selecionados para a cobertura de cada tipologia habitacional, em unidades de energia por unidade de área de projeção de cobertura ( $\text{MJ/m}^2$  de projeção da cobertura).

Em termos dos materiais selecionados para as paredes, pôde-se constatar através da Figura 01 que a Tipologia B apresentou o conteúdo energético mais elevado, representado por  $735,61 \text{ MJ/m}^2$  de paredes, principalmente devido as lajotas cerâmicas utilizadas, que por sua vez possuem um alto índice energético, sendo que a Tipologia A também foi responsável por um elevado conteúdo energético, apresentando  $470,42 \text{ MJ/m}^2$  de paredes. Já em termos dos materiais selecionados para as coberturas, observa-se que a Tipologia D apresentou o maior conteúdo energético,  $358,10 \text{ MJ/m}^2$  de projeção da cobertura, devido principalmente as telhas cerâmicas e a estrutura de aço utilizadas, seguida pela Tipologia B, com  $318,50 \text{ MJ/m}^2$  de projeção da cobertura. Por fim, nota-se que a Tipologia Habitacional E foi responsável pelos menores conteúdos energéticos, tanto para paredes,  $211,74 \text{ MJ/m}^2$  de paredes, quanto para a cobertura,  $102,09 \text{ MJ/m}^2$  de projeção da cobertura.

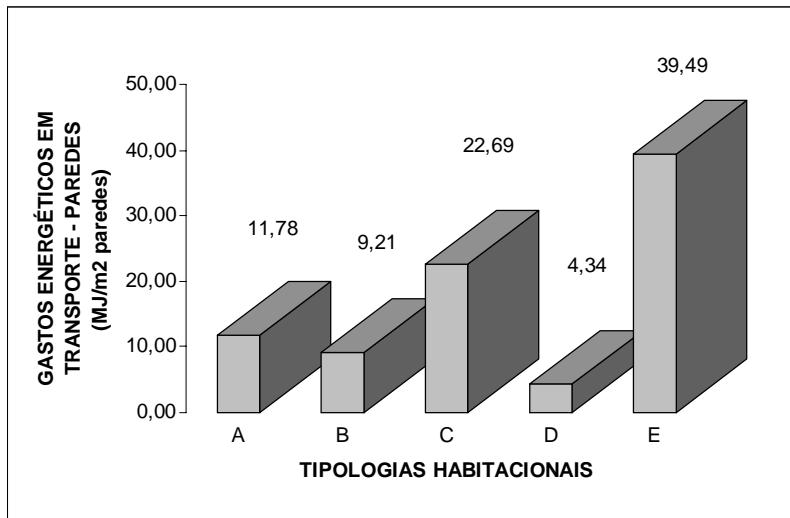


**Figura 01** - Conteúdo energético dos materiais selecionados para as paredes.

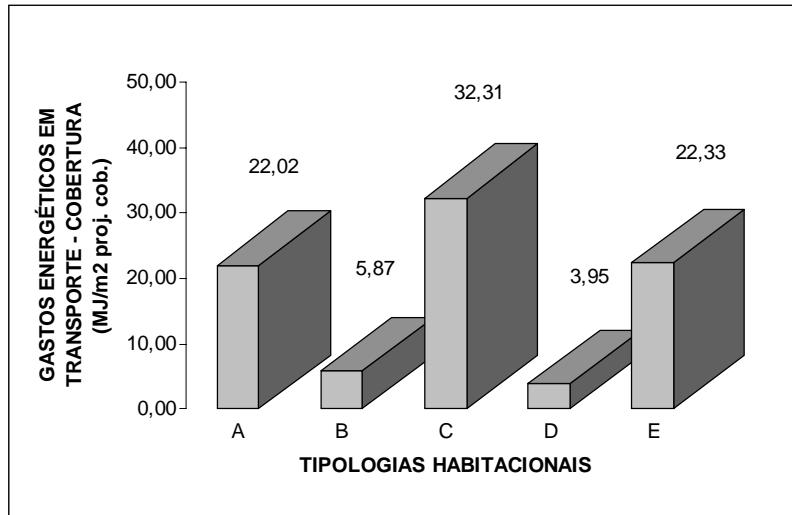


**Figura 02** - Conteúdo energético dos materiais selecionados para as coberturas.

Quanto aos resultados obtidos sobre aos gastos energéticos em transporte dos materiais de construção desde o município de seu produtor até o município de Porto Alegre, pode-se observar na Figura 03, estes gastos energéticos em transporte referentes aos materiais selecionados para as paredes de cada tipologia habitacional, em unidades de energia por unidade de área de parede (MJ/m<sup>2</sup> de parede). Na Figura 04, observa-se os gastos energéticos em transporte referentes aos materiais selecionados para a cobertura de cada tipologia habitacional, em unidades de energia por unidade de área de projeção de cobertura (MJ/m<sup>2</sup> de projeção da cobertura).



**Figura 03** – Gastos energéticos no transporte dos materiais selecionados para as paredes.



**Figura 04** – Gastos energéticos no transporte dos materiais selecionados para as coberturas

Através das figuras apresentadas, pôde-se constatar que os gastos energéticos durante o transporte dos materiais de construção em estudo foram sempre significativamente menores que os seus respectivos conteúdos energéticos. Porém, especificamente para as Tipologias Habitacionais C e E, os gastos em transporte apresentaram uma relevância maior do que nas demais tipologias, tanto devido aos menores conteúdos energéticos apresentados pelas Tipologias C e E, quanto aos maiores gastos energéticos em transporte das mesmas.

Por fim, quanto aos resultados sobre o potencial de reciclagem, observa-se que a partir da constatação de que somente o cimento-amianto e a madeira tratada com produtos químicos altamente tóxicos são considerados materiais de construção não recicláveis, dentre todos os materiais de construção utilizados nas paredes e coberturas das cinco tipologias habitacionais em questão, pôde-se realizar uma avaliação qualitativa destas tipologias habitacionais quanto ao potencial de reciclagem apresentado pelos materiais utilizados. Desta forma, pôde-se observar que a Tipologia Habitacional C a princípio representa a tipologia responsável pelo maior impacto ambiental em termos do baixo potencial de reciclagem apresentado pelos seus materiais básicos, quando em comparação com as demais tipologias. Observa-se que esta tipologia apresenta uma quantidade considerável de madeira tratada com produtos químicos altamente tóxicos nas suas paredes e cobertura, assim como cimento-amianto nas suas telhas. Além disto, salienta-se que a Tipologia Habitacional E também possui cimento-amianto nas suas telhas e madeira tratada com produtos químicos altamente tóxicos para a estrutura da sua cobertura, sendo também responsável por um impacto ambiental considerável em termos do baixo potencial de reciclagem destes materiais. As demais Tipologias A, B e D não são constituídas por nenhum destes dois materiais em questão, estando isentas de impactos ambientais quanto a índices de baixa reciclagem de materiais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais resultados deste trabalho demonstraram que enquanto alguns dos materiais de construção selecionados para as cinco tipologias habitacionais em questão são provenientes da utilização de recursos naturais abundantes no planeta, outros exigem matérias-primas cuja reservas naturais já apresentam atualmente sinais de escassez. A partir desta constatação, deve-se salientar a importância em se priorizar o uso de materiais de construção produzidos a partir de matérias-primas ainda abundantes, buscando-se na medida do possível reduzir o consumo de recursos naturais já em escassez.

Além desta questão sobre a exploração de recursos naturais, observou-se também que os gastos energéticos durante a manufatura e durante o transporte dos materiais de construção selecionados para as cinco tipologias habitacionais em estudo podem ser considerados significativos e que os mesmos apresentaram valores significativamente diferentes entre as tipologias habitacionais e entre si. As diferenças observadas entre as cinco tipologias podem sugerir a possibilidade da utilização de materiais de construção alternativos que exijam menores consumos energéticos tanto durante a sua manufatura quanto durante o seu transporte. Neste sentido, deve-se buscar a utilização de materiais relacionados a menores conteúdos energéticos e que sejam simultaneamente materiais provenientes de recursos naturais locais ou regionais. Além disto, pôde-se observar que nos cinco casos estudados o consumo energético durante o transporte dos materiais desde o seu provável produtor até o local da obra foi significativamente menor quando comparado ao consumo energético durante a manufatura dos mesmos.

Em geral, todos os materiais de construção utilizados nas tipologias habitacionais em questão permitem uma posterior reciclagem, com exceção do cimento-amianto e da madeira tratada com produtos tóxicos, que por sua vez apresentam algumas limitações quanto a uma posterior reciclagem conforme salientado na bibliografia estudada.

Por fim, salienta-se que o presente tema de pesquisa ainda se encontra em fase inicial de investigação, sendo de extrema relevância o desenvolvimento de outros trabalhos sobre impactos ambientais envolvidos ao longo do ciclo de vida de materiais de construção, assim como ao longo do ciclo de vida de edificações, para fins de uma caracterização abrangente e ao mesmo tempo minuciosa do tema.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDWIN, R.; YATES, A.; HOWARD, N. et al. *BREEAM 98 for offices* : an environmental assessment method for office buildings. Garston, Watford : Construction Research Communications Ltd (CRC) - Building Research Establishment Ltd (BRE), 1998. 36 p.

CURWELL, S.; HAMILTON, A.; COOPER, I. Towards sustainable urban development : identifying the role for the development and construction industry professional : the work of BEQUEST. In: I ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 18-21 nov., 1997, Canela, RS. *Anais* ... Porto Alegre : ANTAC, 1997. 353 p. p. 339-350.

LYLE, J. T. *Regenerative design for sustainable development*. New York : John Wiley & Sons, 1994. 338 p.