

## **AValiação Ambiental de Edificação de Basalto**

**José W. Jiménez Rojas** – Doutorando em Engenharia Civil, engrojas@gmail.com  
Universidade federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

**Mara R. Bassi** – Mestranda em Engenharia Civil, marabassi@gmail.com  
Universidade federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

**Platão Alves da Fonseca** – Mestrando em Engenharia Civil, plataoaf@terra.com.br  
Universidade federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

**Lais Zucchetti** – Mestranda em Engenharia Civil, laiszucchetti@yahoo.com.br  
Universidade federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

**Fernanda S. Bonatto** – Mestranda em Engenharia Civil, febonatto@hotmail.com  
Universidade federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

**Resumo:** A construção civil é notoriamente causadora de impactos ambientais. Tal fato deve-se em grande parte à utilização de materiais construtivos cujo processo de fabricação consome elevadas quantidades de energia e de recursos naturais. Através de ferramentas como a Análise do Ciclo de Vida (ACV), aplicada para os materiais de construção, é possível quantificar esses impactos e, conseqüentemente, poder realizar a escolha por componentes menos impactantes. Este trabalho teve por objetivo a elaboração de uma avaliação ambiental para os impactos causados pela construção em basalto das paredes do Centro de Estudos Regenerativos e Sustentabilidade de Feliz – RS. Desta forma, foram identificados os impactos ambientais causados pelos materiais utilizados para a construção dessa parede, resultando em estudo com informações que buscam contribuir para a especificação de componentes ambientalmente mais sustentáveis. Para efeito do trabalho, considerou-se a avaliação da “fatia” de 1m de largura de parede da edificação, sendo estimadas as cargas das paredes e das fundações, realizados seus dimensionamentos, possibilitando assim a quantificação dos materiais utilizados. A partir desta quantificação, adotaram-se valores para conversão em massa e em índice energético, a fim de serem obtidas as cargas ambientais embutidas no ciclo de vida dos materiais aplicados. Como resultado, verificou-se que os maiores impactos ambientais são causados por materiais cujo processo de manufatura apresenta elevado consumo energético, no caso dos materiais utilizados, a lona e a geomembrana. Além disso, foi possível verificar a dimensão dos impactos ambientais originados no transporte dos materiais, responsável por grande consumo de diesel e, conseqüentemente, elevada emissão de CO<sub>2</sub>. Em alguns casos, reconsiderar a especificação de componentes construtivos que devam percorrer grandes distâncias até chegarem ao seu destino final de aplicação torna-se fundamental.

**Palavras-chave:** Impactos ambientais, Análise do ciclo de vida (ACV), Construção civil sustentável.

## 1. INTRODUÇÃO

O impacto ambiental gerado pelas construções, devido à sua gravidade, é tema de inúmeras pesquisas. Tal fato decorre, muitas vezes, das agressivas etapas de fabricação dos materiais construtivos, como extração e manufatura, que consomem elevadas quantidades de recursos naturais e de energia.

Além disso, a maioria dos materiais construtivos extraídos e/ou manufaturados necessita ser transportado até os locais onde será aplicado, percorrendo muitas vezes grandes distâncias e, conseqüentemente, consumindo consideráveis quantidades de energia (diesel) na realização deste transporte. Deve-se acrescentar também a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, que contribui para o aumento do aquecimento global, sendo este considerado atualmente o impacto ambiental mais preocupante. Outro ponto importante a considerar são os resíduos gerados pela construção civil. Normalmente, as construções não são feitas para serem “desconstruídas”, mas sim demolidas, refletindo assim a dificuldade existente para o reaproveitamento dos materiais construtivos e sua respectiva reciclagem, sendo a destinação final mais comum os aterros de inertes.

Objetivando identificar e quantificar os impactos ambientais causados pela construção civil, o trabalho utilizou a ferramenta de Análise do Ciclo de Vida (ACV), que consiste em uma metodologia para avaliação dos efeitos ambientais de um produto, processo, ou atividade ao longo de todo o seu ciclo de vida. Com isso, o objetivo foi realizar a avaliação ambiental dos impactos causados pela utilização de basalto para a confecção das paredes da edificação do Centro de Estudos Regenerativos e Sustentabilidade, de Feliz – RS.

## 2. METODOLOGIA

Foi aplicada a metodologia de avaliação ACV e para efeito do trabalho, considerou-se a análise de uma “fatia” de 1m de largura da parede, abrangendo desde fundação até cobertura. A Figura 1 apresenta um esquema metodológico que ilustra as etapas desenvolvidas no trabalho.

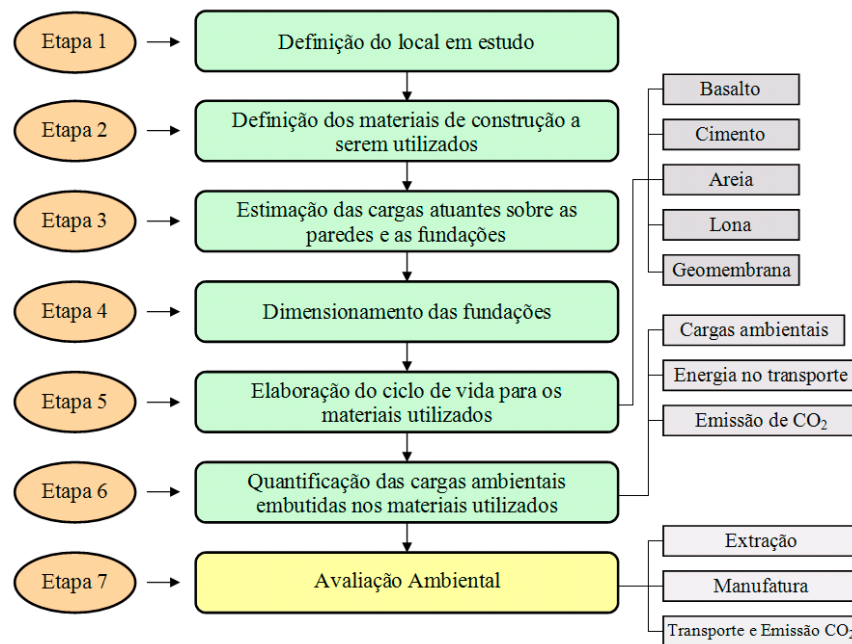


Figura 1 - Etapas Metodológicas.

## 2.1 Local de estudo

A edificação analisada localiza-se no município de Feliz – RS, situado a aproximadamente 80 km de Porto Alegre – RS. A localidade já foi destaque nacional ao ser classificada em 1998 no primeiro lugar do ranking dos municípios brasileiros com maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), chegando a ocupar o 62º lugar no ranking mundial.

## 2.2 Definição dos materiais utilizados

Para a especificação dos materiais construtivos utilizados, buscou-se a interação com o conceito sustentável, que foi o norteador do projeto da edificação. Desta forma, desde o dimensionamento foi prevista a não utilização de elementos estruturais como vigas e pilares, que além de apresentarem cimento em sua composição, necessitam de fôrmas em madeira para sua confecção, resultando em impactos ambientais consideráveis.

Assim, as paredes em basalto serão autoportantes, com juntas de 2 cm de espessura, executadas prevendo no futuro sua “desconstrução”, possibilitando com isso a reutilização dos blocos para aplicação em novas edificações.

A Figura 2 apresenta uma perspectiva da “fatia” de 1m de largura da edificação que será analisada ambientalmente no trabalho.

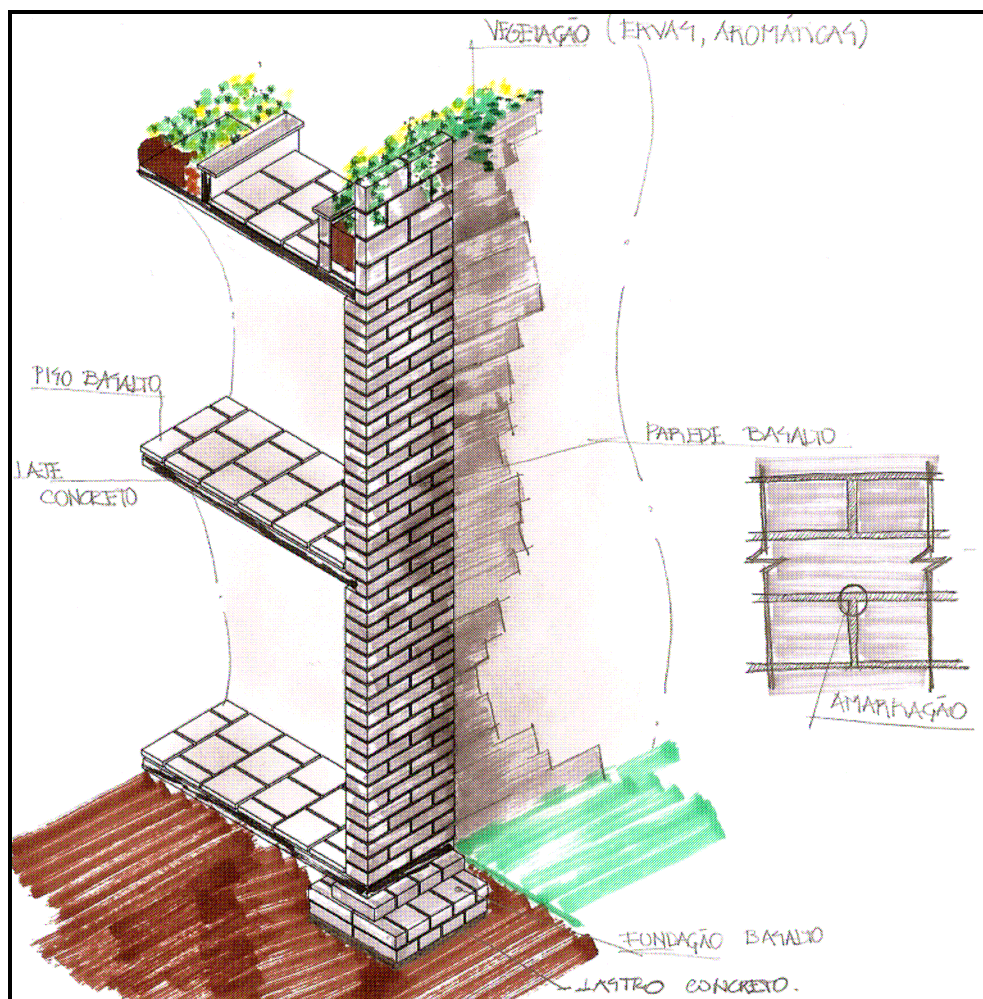


Figura 2 - Perspectiva da “fatia” de 1m de largura da parede em basalto.

A Figura 3 ilustra através de um corte esquemático os materiais componentes da floreira, integrante da cobertura verde da construção.

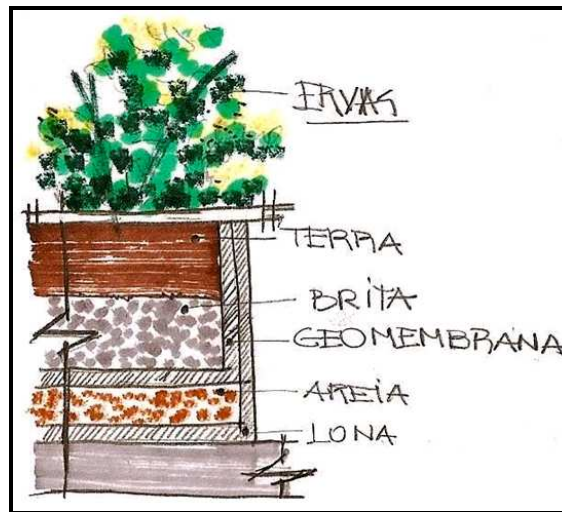


Figura 3 - Corte esquemático da floreira que compõe a cobertura verde da edificação.

### 2.3 Estimativa das cargas atuantes devido ao peso da estrutura

As cargas atuantes foram pré-determinadas através da soma de todas as cargas exercidas na “fatia” de 1 metro de largura da edificação, considerando-se a carga como distribuída. A partir do projeto obtiveram-se as cargas resultantes dos elementos componentes e, com isso, seus esforços atuantes, possibilitando a definição da carga total atuante sobre a fundação.

Adotou-se a fundação do tipo sapata corrida, que apresenta a vantagem de poder ser confeccionada em basalto, não necessitando vigas e pilares para a sustentação do peso da parede e da cobertura.

### 2.4 Dimensionamento das fundações

Para a realização do dimensionamento adotou-se a carga total exercida na “fatia” de 1 metro de parede, com a parede confeccionada em blocos de basalto de espessura de 0,25 metros e altura total de 6,40 metros. Foram aplicados alguns parâmetros técnicos para o dimensionamento, como a determinação da tensão admissível do solo.

Devido às dimensões das pedras de basalto, foi adotada a largura de 1,00m de fundação, determinado assim uma área de 1,00m<sup>2</sup> de fundação por metro linear de parede. Mesmo denominando de sapata corrida, as fundações dimensionadas apresentam características de um bloco, pelo formato de um bloco escalonado, ou pedestal e devido principalmente a uma função não exercida, a de flexão, uma das características de sapatas.

### 2.5 Quantificação dos materiais construtivos utilizados

A quantificação foi realizada através do *software* PLEO (Planilha Eletrônica de Orçamento). Conforme dados obtidos na bibliografia consultada, os valores quantificados para cada material foram convertidos em massa, procedimento necessário para posterior quantificação das cargas ambientais, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Quantificação dos materiais construtivos utilizados.

Material	unidade	quantidade
Basalto 50x25x12cm	unitário	95
Brita de basalto	m <sup>3</sup>	0,06
Areia média	m <sup>3</sup>	0,1
Cimento Portland CP IV	Kg	27,01
Lona 2mm	m <sup>2</sup>	1,3
Geomembrana 1mm	m <sup>2</sup>	1,3

## 2.6 Elaboração do ciclo de vida para os materiais construtivos utilizados

O ciclo de vida dos materiais construtivos utilizados no trabalho, conforme Figura 4, abrange desde a extração dos produtos componentes dos materiais construtivos analisados, passando por etapas, como: manufatura, transporte, construção, desconstrução até a disposição final, de forma a ilustrar a ACV que será realizada para estes materiais.

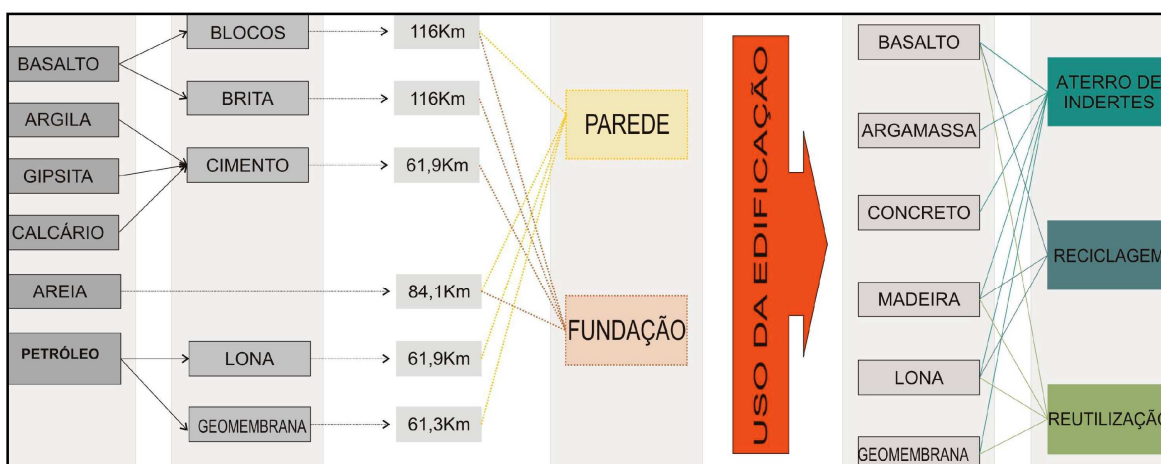


Figura 4 - Ciclo de Vida dos materiais construtivos utilizados.

## 2.7 Quantificação das cargas ambientais embutidas nos materiais utilizados

### 2.7.1 Consumo energético (MJ) na etapa de transporte dos materiais utilizados

Segundo Kuhn (2006) a caracterização deste critério, por derivar da adoção dos índices de consumo energético pode trazer imprecisões intrínsecas, atreladas às variáveis de produtividade dos caminhões de carga. Entre os aspectos que não puderam ser determinados, e que conferem variabilidade a essa produtividade, incluem-se a idade da frota transportadora de cada material e a frequência com que é realizada a manutenção preventiva. A Figura 5 ilustra a distância dos locais de origem dos materiais utilizados nesta pesquisa.



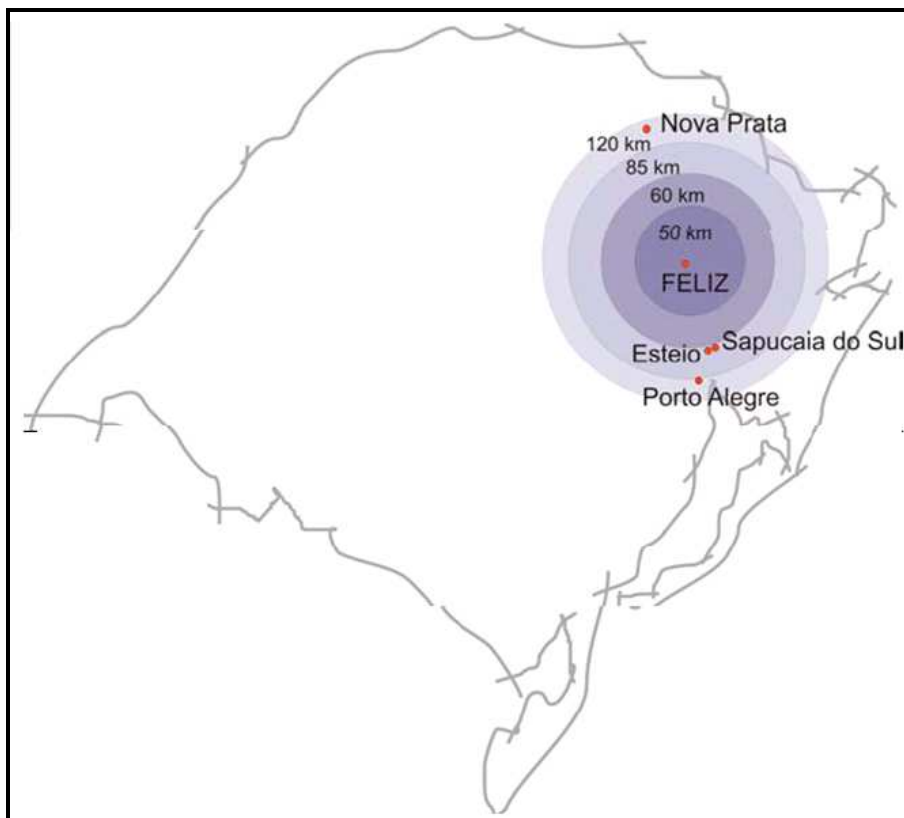


Figura 5 - Distâncias percorridas pelos materiais utilizados até Feliz – RS.

A partir da cidade de procedência dos materiais utilizados, das distâncias percorridas e da energia consumida no transporte, de acordo com a bibliografia consultada, calculou-se o consumo energético para cada material.

Tabela 2 - Consumo energético no transporte (MJ).

Material	Massa (kg)	Procedência	Distância (km)	Coefficiente de consumo energético no transporte (MJ/Kg.km)	Consumo Energético (MJ)
Basalto	4407	Nova Prata	116,00		398,75
Cimento	27,01	Esteio	61,90		1,30
Areia	259	Porto Alegre	84,10	0,00078	16,99
Lona	2,444	Esteio	61,90		0,12
Geomembrana	2,349	Sapucaia	61,30		0,11
Total					417,27

Observações: (a) cimento, lona e geomembrana – não está incluída a energia consumida para transporte das matérias-primas destes materiais. (b) De acordo com a bibliografia consultada, adotou-se o coeficiente de consumo energético calculado para caminhões semi-pesados de 3 eixos (0,00078 MJ/ kg. Km) por ser o tipo de veículo mais comumente utilizado no transporte de cargas no país.

### 2.7.2 Emissão de CO<sub>2</sub> (g) na etapa de transporte dos materiais utilizados

A Tabela 3 apresenta o cálculo da emissão de CO<sub>2</sub> devido ao transporte dos materiais utilizados, com base no índice de emissões de CO<sub>2</sub> retirado da bibliografia consultada.

Tabela 3 - Emissão de CO<sub>2</sub> (g) no transporte dos materiais (Bohadana 2007).

Material	Consumo Energético no Transporte (MJ)	Índice de Emissões (g/MJ)	Emissão de CO <sub>2</sub> (g)
Basalto	398,75		29507,16
Cimento	1,30		96,50
Areia	16,99	74	1257,25
Lona	0,12		8,73
Geomembrana	0,11		8,31
Total			30877,95

Observação: adotou-se o índice de emissões de CO<sub>2</sub> (74 g/ MJ), que é utilizado para veículos europeus, considerado aproximado ao valor brasileiro.

### 2.7.3 Cargas ambientais identificadas nas etapas de extração e manufatura dos materiais utilizados

Conforme bibliografia consultada, na identificação das cargas ambientais, foram considerados valores para conversão da quantificação dos materiais para massa (kg) e índices energéticos (MJ/Kg), possibilitando assim o cálculo do consumo energético em cada etapa do processo produtivo dos materiais utilizados. A Tabela 4 apresenta os índices energéticos adotados.

Tabela 4 - Índices energéticos adotados para os materiais utilizados (Kuhn, 2006).

Material	Índice (MJ/Kg)	Fonte
Basalto	desprezível	Kuhn, 2006
Cimento	1,88	Carvalho, 2002
Areia, Pedra britada	0,07	Guimarães (1985 apud SPERB, 2000)
PVC	74,33	Guimarães (1985 apud SPERB, 2000)

A partir dos índices energéticos adotados, foi possível calcular as cargas ambientais consumidas durante as etapas de extração e manufatura. A Tabela 5 apresenta os valores obtidos, além de um resumo do total das cargas ambientais consumidas na etapa de transporte dos materiais, bem como a indicação do potencial de reutilização dos materiais construtivos analisado.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Extração

A areia foi o único material cujos dados relativos ao processo de extração puderam ser obtidos, com isso, apenas a mesma teve seu consumo energético na etapa de extração quantificado.

Identificou-se que o processo de extração da areia é realizado através de dragas de sucção, que bombeiam a água para lagoas de decantação, de onde o material é retirado por pás carregadeiras, consumindo 18,13 MJ.

Tabela 5 - Cargas ambientais totais identificadas nas etapas do ciclo de vida dos materiais utilizados (Kuhn, 2006).

Material	Massa (kg)	Origem	Consumo de energia		Transporte	Potencial de Reutilização
			Extração (MJ)	Manufatura (MJ)	Emissões de CO <sub>2</sub> (g)	
Basalto-Brita	132,00	Nova Prata	desprezível	9,24	29507,16	Alto
Basalto-Bloco	4275,00		desprezível	desprezível		Alto
Cimento	27,01	Esteio	Não obtido	50,77	96,50	Baixo
Areia	259,00	Porto Alegre	18,13	desprezível	1257,25	Baixo
Lona	2,44	Esteio	Não obtido	181,66	8,73	Baixo
Geomembrana	2,35	Sapucaia do Sul	Não obtido	178,31	8,31	Baixo

Observação: Para analisar as matérias-primas presentes na lona e na geomembrana – adotou-se o índice energético do PVC (74,33 MJ/Kg), encontrado na bibliografia consultada, por serem considerados materiais similares e para possibilitar o cálculo das cargas ambientais.

### 3.2 Manufatura

Analisando-se o consumo energético na etapa de manufatura dos materiais estudados, torna-se clara a visualização da dimensão de energia consumida para a fabricação da lona e da geomembrana, não sendo mais impactante devido à pequena quantidade em que as mesmas foram utilizadas na edificação. Em seguida, está o cimento, cujo processo de manufatura também consome elevadas somas de energia.

O basalto, no formato de bloco, não apresenta manufatura, sendo o material cortado manualmente no tamanho que será utilizado, no caso com dimensões de 25x50x12cm. Já a parte de basalto que será transformada em brita, passa por etapa de manufatura, consumindo 9,24 MJ de energia.

### 3.3 Transporte e emissão de CO<sub>2</sub>

No caso do transporte e emissão de CO<sub>2</sub>, dentre os materiais utilizados, o basalto, que é oriundo da cidade mais distante de Feliz – RS, Nova Prata – RS, apresenta o maior consumo de energia (diesel) e, conseqüentemente, o maior índice de emissão de CO<sub>2</sub>. Em seguida está a areia, com o segundo maior consumo energético no transporte, bem como na emissão de CO<sub>2</sub>. Depois está o cimento, sendo os demais materiais, lona e geomembrana, oriundos de localidades com distâncias a serem percorridas praticamente iguais.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do trabalho possibilitou a elaboração de algumas considerações:

- Verificação de que os maiores impactos ambientais são causados por materiais cujo processo de manufatura apresenta elevado consumo energético;





- Visualização dos impactos ambientais gerados pelo transporte dos materiais, como grande consumo energético (diesel) e elevados índices de emissões de CO<sub>2</sub>;
- Percepção do aumento considerável nos impactos ambientais quando os materiais utilizados devam percorrer grandes distâncias até chegarem ao seu destino de aplicação;
- Dificuldade para obtenção de dados técnicos relativos ao consumo de energia e de recursos naturais junto às empresas fabricantes de materiais construtivos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**BOHADANA, I. P. B. Avaliação de habitação de interesse social rural, construída com fardos de palha, terra e cobertura verde, segundo critérios de sustentabilidade.** Porto Alegre, 2007. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Núcleo Orientado para a Inovação da Construção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**CARVALHO, J. de. Análise de Ciclo de Vida ambiental aplicada a construção civil: estudo de caso: comparação entre cimentos Portland com adição de resíduos.** 2002. 102 p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 03 de março de 2009.

**KUHN, E. A. Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada.** Porto Alegre, 2006. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Núcleo Orientado para a Inovação da Construção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**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.