



## **Aplicação de diferentes métodos de quantificação de emissões de CO<sub>2</sub> na construção de uma residência em Caçapava do Sul – RS**

**Fernanda Pasini dos Santos<sup>1</sup>, Jandir Pereira Blasius<sup>2</sup>,  
Fernanda Maria Conte Nunes<sup>3</sup>, Paula Londero Lemos<sup>4</sup>,  
Pedro Daniel da Cunha Kemerich<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> UNIPAMPA/Universidade Federal do Pampa ( n.pasini@hotmail.com)

<sup>2</sup> UNIPAMPA/Universidade Federal do Pampa ( jandirblasius@gmail.com)

<sup>3</sup> UNIPAMPA/Universidade Federal do Pampa (feernanda.nunees@hotmail.com)

<sup>4</sup> UNIPAMPA/Universidade Federal do Pampa (engpaulalondero@gmail.com)

<sup>5</sup> UNIPAMPA/Universidade Federal do Pampa (eng.kemerich@yahoo.com.br)

### **Resumo**

Este trabalho tem por objetivo aplicar dois métodos distintos de quantificação da emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na construção de uma residência no município de Caçapava do Sul-RS. Os dados utilizados foram coletados de uma residência real, adotada como padrão nesse estudo. A casa é de alvenaria, com área de projeção de 80 m<sup>2</sup>, que possui 2 quartos, cozinha, sala, banheiro e área de serviço. Na construção foram gastos 110 sacos de cimento (50 kg), 90 sacos de cal (20 kg), 8.400 tijolos, 2.300 telhas, 270 kg de aço/ferro, e 27 m<sup>3</sup> de brita. Os métodos utilizados para a quantificação das emissões atmosféricas foram adaptados de Júnior (2008), que quantifica emissões através de dados de diversas pesquisas literárias, e o método de Costa (2012), que utiliza valores tabelados para calcular o fator de emissão e de perda dos principais produtos utilizados na construção civil. Pelo método de Júnior (2008) encontrou-se como resultado o valor de 225 kg de emissões de CO<sub>2</sub> a cada m<sup>2</sup> de construção, que resulta no montante de 18.000 kg, como emissão total dessa obra. Enquanto, o método de Costa (2012) resultou no valor de 5.559 toneladas de emissões de CO<sub>2</sub> durante a construção da mesma obra. Relata-se uma grande disparidade entre os métodos aplicados e que salientam a necessidade de estudos mais precisos, não apenas teóricos, mas experimentais, a fim de corroborar resultados mais consistentes em relação a essa temática.

Palavras-chave: Emissões atmosféricas. Construção civil. Impactos ambientais;

Área Temática: Poluição Atmosférica.

## **Application of different methods to quantify CO<sub>2</sub> emissions in the construction of a residence in Caçapava do Sul - RS**

### **Abstract**

*This work aims to apply two different methods of quantification of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) to build a residence in the municipality of Caçapava do Sul-RS. The data were collected from a royal residence, used as standard in this study. The house is brick with 80 m<sup>2</sup> projection area, which has 2 bedrooms, kitchen, living room, bathroom and laundry area. In the construction costs were 110 bags of cement (50 kg) and 90 bags of lime (20 kg) 8,400 bricks, tiles 2300, 270 kg of steel / iron, and 27 m<sup>3</sup> gravel. The methods used to quantify air emissions were adapted from Junior (2008), which quantifies emissions through data from various literary research, and the method of Costa (2012), which uses tabulated values to calculate the*



*emission factor and loss the main products used in construction. By Junior method (2008) met as a result the value of 225 kg of CO<sub>2</sub> emissions each m<sup>2</sup> of construction, resulting in the amount of 18,000 kg as total emission of this work. While the method of Costa (2012) resulted in the amount of 5,559 tons of CO<sub>2</sub> during the construction of the same work. We report a large disparity between the methods used and stressing the need for more precise studies, not just theoretical, but experimental in order to corroborate more consistent results in relation to this issue.*

*Key words: Atmospheric emissions. Construction. Environmental impacts.*

*Theme Area: Atmospheric pollution.*

## 1 Introdução

A busca pela substituição de materiais típicos utilizados na construção civil, melhorias tecnológicas dos processos de extração e fabricação de materiais de construção ganham destaque para a diminuição dos impactos ambientais gerados pelas emissões atmosféricas. Seguindo essa temática, esse trabalho tratará, apenas, da quantificação de emissões de gás carbônico. Essa abordagem tem importante relevância em virtude dos seus efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente (VENTURA 2011).

Cimento, areia, brita, cal, tijolos, telhas, madeira, aço e ferro são os principais materiais utilizados pelo setor de construção civil. E de acordo com o Instituto IDD – Institut Wallon – VITO (2001) e John (2005) esses materiais são os que mais contribuem para emissões atmosféricas, seja na obtenção de matéria prima, no processo de fabricação e queima de combustíveis fósseis, durante os processos e transporte desses materiais.

O cimento é produzido a partir de rochas calcárias ou argilas trituradas. Após é homogeneizado, pré-aquecido e misturado formando uma substância intermediária ao cimento, o clínquer, que é levado a altos fornos com temperatura elevada, moído e recebe aditivos, como o gesso. O processo de produção do clínquer é responsável por 90% das emissões de CO<sub>2</sub> do setor civil.

Materiais como areia e brita são retirados do leito dos rios por dragas que usam óleo diesel como combustível. De acordo com MME (2009) e Maury (2012), as etapas de retirada da matéria prima, contribuem consideravelmente para as emissões.

Referente aos tijolos e telhas cerâmicos, que utilizam em seus processos a queima da biomassa, em Santa Catarina, por exemplo, segundo Relatório Parcial I/IV (2002), consome-se cerca de 1.400.000 m<sup>3</sup>/ano da biomassa, sendo que 78% desse total são oriundos de mata nativa e somente 22% é proveniente de mata implantada.

O aço é composto por ligações químicas entre os elementos químicos: ferro e carbono, podendo ser produzido com minério de ferro ou com a sucata de ferro (COSTA, 2012). O aço é bem visto ambientalmente por poder ser totalmente reciclado, porém 1 Kg de aço em alto forno produz 2,5 Kg de gás carbônico (GERVÁSIO, 2008).

Apesar da importância e da magnitude dos impactos da construção civil, os estudos nesse âmbito são incipientes. Tendo em vista esses aspectos, este trabalho busca objetivamente aplicar distintos métodos de quantificação de emissões de CO<sub>2</sub> durante a fase de construção de uma residência em Caçapava do Sul – RS.

## 2 Metodologia

Os dados quantitativos de materiais utilizados na construção da residência adotada como padrão foram coletados através de anotações minuciosas do proprietário, A Tabela 1



expressa os dados quantitativos dos principais materiais utilizados na obra. A residência modelo é situada no município de Caçapava do Sul – RS. A casa é de alvenaria e possui área de projeção de 80m<sup>2</sup>- contendo 2 quartos, cozinha, sala, banheiro e área de serviço.

Tabela 1 – Dados quantitativos dos principais materiais utilizados na construção da residência padrão.

Descrição	Unidade	Quantidade Unitária
Cimento	sc (50kg)	110
Cal	sc (20kg)	90
Tijolo	Und	8.400
Aço/Ferro	Kg	270
Brita	m <sup>3</sup>	27

## 2.1 Quantificação de emissões de CO<sub>2</sub> segundo o método de Junior (2008)

Júnior (2008) adotou valores médios de trabalho de outros autores para cálculo de emissões de gás carbônico em sua pesquisa e desde então, é citado em diversos trabalhos como padrão brasileiro nesse âmbito. O método de quantificação de emissões de CO<sub>2</sub> proposto na pesquisa desse autor foi baseado em resultados obtidos das pesquisas científicas de CYBIS e SANTOS (2000), CRUZ (2003), INSTITUT WALLON VITO (2001), e ISAIA e GASTALDINI (2004). Os valores de referência adotados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados das pesquisas sobre emissões de CO<sub>2</sub> durante a produção dos materiais de construção que serviram de base para o trabalho de Júnior (2008).

Pesquisadores/ Materiais	CYBIS e SANTOS (2000)	CRUZ et. al (2003)	IDD -INST. WALLON VITO (2001)	ISAIA e GASTALDINI (2004)	CO2 (Média/Casa com 40m <sup>2</sup> )	CO2 (Média/m <sup>2</sup> )
Cimento	780	2.360	2.942	4.576	2.664	67
Cal	707	707	707	707	707	18
Aço	-	160	229	-	195	5
Tijolos/Telhas	11.324	1.800	2.140	-	5.088	127
Areia	15	760	-	142	305	8
Total	12.826	5.787	6.018	5.425	8.959	225

Fonte: Adaptado de JÚNIOR (2008).

Na Tabela 3 é expresso o quantitativo de materiais utilizados na construção da residência padrão e os valores de referência utilizados como padrão brasileiro, baseado no método de Júnior (2008).



Tabela 3 – Padrão brasileiro para cálculo de emissões de CO<sub>2</sub> no setor de construção civil.

<b>.Material referente</b>	<b>Unidade</b>	<b>Kg de CO<sub>2</sub> por unidade</b>
<b>Saco de cimento</b>	50 Kg	48,44
<b>Saco de cal</b>	20 Kg	15,71
<b>Aço/ferro</b>	Kg	1,45
<b>Tijolo</b>	Unidade	0,95
<b>Areia</b>	m <sup>3</sup>	22,62

Fonte: Adaptado de JÚNIOR (2008).

## 2.2 Quantificação de emissões de CO<sub>2</sub> segundo o método de Costa (2012)

Este método consiste em uma fórmula adaptada para cada tipo de material, “consiste na multiplicação da quantidade de produto utilizado na obra pelo fator de perda e pelo somatório das emissões geradas pelo consumo de energia e pelo transporte” (COSTA, 2012). Segundo este autor, as emissões são calculadas de acordo a Equação 1:

$$\text{Emissões}_{MT, j} = QT_j \times FP_j \times FEP_j \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

QT<sub>j</sub> = quantidade de produto j necessária na obra, em toneladas;

FP<sub>j</sub> = fator de perda do produto j, adimensional;

FEP<sub>j</sub> = fator de emissão de CO<sub>2</sub> devido a utilização do produto j em edificações, em toneladas de CO<sub>2</sub> / tonelada de produto acabado.

O fator de perda do produto j é dado segundo Tabela 4 a partir de dados de Tavares (2006). Enquanto os valores para o fator de emissão de CO<sub>2</sub>, devido à utilização do produto j em edificações é mostrado na Tabela 5.

Tabela 4- Indicadores médios de perdas de materiais em porcentagem (%),

<b>Identificação</b>	<b>Média (%)</b>
Blocos e Tijolos (Cerâmica)	15
Cimento	40
Areia	50
Aço	10
Brita	40

Fonte: Adaptado de TAVARES, 2006.



Tabela 5- Fator de emissão de CO<sub>2</sub> referente a cada material, devido à utilização do produto j em edificações dos materiais utilizados.

Fator de emissão de ferro e aço FEP ( tCO <sub>2</sub> /t aço)	1,8508
Fator de emissão do setor de agregados graúdos FEP ( tCO <sub>2</sub> /t agregados) -brita	0,0829
Fator de emissão do setor de agregados graúdos FEP (tCO <sub>2</sub> /t agregados)- areia	0,0832
Fator de emissão do setor cerâmico de telhas e tijolos FEP	0,1179
Fator de emissão do setor cimentício FEP ( t CO <sub>2</sub> / t cimento)	0,7851

Fonte: Adaptado de COSTA (2012)

### 3 Resultados

:

#### 3.1 Produção de CO<sub>2</sub> na construção da residência padrão segundo método de Júnior (2008)

A relação proposta pelos diversos pesquisadores e adotado por Júnior (2008), exposta na Tabela 2, é que a cada 1 Kg de cal produzido são emitidos 0,786 Kg de CO<sub>2</sub>. Para construção da habitação utilizou-se 1.800 Kg de cal o que corresponde a 1.414,8 Kg de CO<sub>2</sub> emitidos. Os demais resultados são mostrados na Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 – Resultados de emissões de CO<sub>2</sub> referentes aos materiais utilizados na construção a residência padrão de acordo com aplicação do método de Júnior (2008).

Material referente	Kg de CO <sub>2</sub> por unidade	Quantidade Unitária	Produção de CO <sub>2</sub> total por item
Saco de cimento (50 Kg)	48,44	110	5.328,4
Saco de cal (20 Kg)	15,71	90	1.413,9
Kg de aço/ferro	1,45	270	391,5
Tijolo (unidade)	0,95	8.400	7.980
Areia (m <sup>3</sup> )	22,62	27	610,74
<b>Total de CO<sub>2</sub></b>			<b>15.724,54</b>

Ainda, partindo da analogia de que a cada 1 m<sup>2</sup> de construído emite 225 Kg de CO<sub>2</sub>, e que a residência modelo apresenta 80 m<sup>2</sup>, isso nos fornece o montante de 18.000 kg de CO<sub>2</sub> emitidos na obra.

#### 3.2 Produção de CO<sub>2</sub> na construção da residência padrão segundo método de Costa (2012)

Os resultados desse método foram gerados a partir do cálculo da emissão em toneladas de gás carbônico referente a cada material empregado. Levando-se em conta que para a realização das quantificações utilizou-se valores já tabelados pelo autor para os fatores de emissão e de perda de produto. Na Tabela 7, são apresentados os resultados com a aplicação desse método.



Tabela 7 - Emissões de CO<sub>2</sub> referente aos materiais utilizados na construção civil

Material referente	Quantidade Unitária	Toneladas de CO <sub>2</sub> total por item
Sacos de cimento (50 Kg)	110	1.72
Brita (m <sup>3</sup> )	2	1.24
Kg de aço/ferro	270	0.049
Tijolo (unidade)	8.400	0.31
Areia (m <sup>3</sup> )	27	2.24
<b>Total de CO<sub>2</sub></b>		<b>5.559</b>

De acordo com os dados apresentados na Tabela 7, referente à aplicação do método de Costa (2012), há uma emissão de 5.559 toneladas de CO<sub>2</sub> na construção da residência padrão.

#### 4 Conclusões

É comprovado que o setor de construção civil representa a principal atividade de produção de emissões de CO<sub>2</sub> em todos os processos, desde a extração da matéria prima até a fabricação do material. Em vista do panorama atual, no qual grande número de famílias que não possuem casa própria ou moram de aluguel, a construção de conjuntos habitacionais de interesse social que utilizem materiais ecológicos (ou com baixas taxas de emissões atmosféricas) seria uma boa estratégia para minimização desses problemas, agindo tanto no caráter social quanto ambientalmente correto.

A aplicação dessas metodologias se mostrou pouco conclusiva devido à grande disparidade entre os resultados dos distintos métodos. É necessário que estudos mais aprofundados sejam realizados nessa temática, a fim de corroborar e definir qual metodologia é mais confiável. Destaca-se a necessidade e desenvolvimento de estudos experimentais tendo em vista as divergências entre estudos teóricos.

#### 5 Referências

ABPC Associação Brasileira dos Produtores de Cal. **A cal e suas aplicações**. 2015. Disponível em: <<http://www.abpc.org.br/>>. Acesso em 21/06/2015.

AMADORI, U. P. **Comparação entre o custo de construção de uma casa convencional e uma casa ecológica utilizando o método da modelagem matemática**. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1603-8.pdf>> Acesso em 27/05/2015.

ALVES, J.A., **Materiais de construção**. Editora da Universidade Federal de Goiás. 6ª Edição. Goiânia GO. 1987.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética EPE. **Balanço Energético Nacional 2010 ano base 2009**. Brasil, 2010.



COSTA, B. L. C. **Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> geradas na produção de materiais utilizados na construção civil**. Rio de Janeiro, 2012, 190 p. (Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE- Instituto Aberto Luiz Coimbra de Pós- Graduação e Pesquisa de Engenharia- UFRJ, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil).

CRUZ, A.B.S., ROSA, L.P., FERREIRA, T.L., MARTINEZ, A.C.P., **Centro de energia e tecnologias sustentáveis – o uso eficiente de energia no planejamento do ambiente construído**. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais – COPPE/UFRJ. Disponível em <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br/pbr/docs.htm>>. Acesso em 26/05/2015.

CYBIS, L. F., SANTOS, C.V.J., artigo: **Análise do ciclo de vida aplicada à indústria da construção civil – estudo de caso**. XXVII Congresso interamericano de Engenharia Sanitária e ambiental/ 2000. Disponível em: <<http://www.ingenieroambiental.com/info/ciclodevida.pdf>> Acesso em 21/05/2015.

DEMANBORO, A. C., FERRÃO, A. M. A., MARIOTONI, A., **Desafios da Sustentabilidade sob o Enfoque do Estoque de Recursos Naturais**. Disponível em: <http://www.cori.unicamp.br/IAU/completos/Desafios%20da%20Sustentabilidade%20Sustentabilidade%20sob%20o%20Enfoque%20do%20Estoque%20de%20Recursos%20Naturais.doc>. Acessado em 23/05/2015

GUIMARÃES, J.; PEREIRA, D.; VEDOVETO, M.; VERÍSSIMO, A. ;SANTOS, D. **Fatos Florestais da Amazônia 2010**. Belém: Imazon, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Síntese - Senso de 2013**. Disponível em: < <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/pt/habitacao>> Acesso em 19/07/2015.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: **Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Reino Unido e Nova York: Cambridge University Press, 2007b. 851 p.

INSTITUT WALLON DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL ETD'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ASBL. **IDD – Institut Wallon – VITO. Greenhouse gas emissions reduction and material flows**. Disponível em [http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub\\_ostc/CG2131/rappCG31\\_en.pdf](http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub_ostc/CG2131/rappCG31_en.pdf) Acesso em 17/05/2015.

ISAIA, G., GASTALDINI, A., **Concreto “verde” com teores muito elevados de adições minerais: um estudo de sustentabilidade**. Artigo apresentado na I Conferência Latino-Americana de Construções Sustentáveis. X Encontro Nacional de Tecnologias do Ambiente Construtivo. São Paulo SP, julho de 2004.





GERVÁSIO, H. M. **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. 2008.** Disponível em: <[http://www.construmetal.com.br/2008/downloads/PDFs/27\\_Helena\\_Gervasio.pdf](http://www.construmetal.com.br/2008/downloads/PDFs/27_Helena_Gervasio.pdf)>. Acesso em 19 /06/2015.

JOHN, V.M., **Trabalho apresentado no Seminário de Construção Sustentável da FGV.** São Paulo, 21 de junho de 2005. Disponível em: [http://www.ces.fgvsp.br/arquivos/Moacyr\\_John.pdf](http://www.ces.fgvsp.br/arquivos/Moacyr_John.pdf). Acesso em 16/05/2005.

JR, T. S. **Avaliação de emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil: Um estudo de caso de habitação de interesse social no Paraná.** Artigo apresentado no XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro – RJ, out. de 2008.

MAURY, M. B., BLUMENSCHIN, R.N. **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. Sustentabilidade em Debate. 2012.** Disponível em: <<http://seer.bce.unb.br/index.php/sust/article/download/7199/5666>>. Acesso em 18 /06/2015.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa (2002).** Disponível em: [http://www.mct.gov.br/clima/comunic\\_old/pdf/industria\\_p.pdf](http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/industria_p.pdf). Acesso em 21/05/2015

.Revista Eletrônica Economia e Energia. n. 41, nov/dez., 2003. Disponível em: <[http://207.57.4.50/eee41/eee41p/relatorio\\_ao\\_mct3.htm#1.3%20Emissões%20por%20Fonte%20de%20](http://207.57.4.50/eee41/eee41p/relatorio_ao_mct3.htm#1.3%20Emissões%20por%20Fonte%20de%20)> Energia. Acesso em 18/05/2015.

COSTA, Bruno Luís de Carvalho da. **Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> geradas na produção de materiais utilizados na construção civil. Rio de Janeiro, 2012, 190 p.** (Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de 64 Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE- Instituto Aberto Luiz Coimbra de Pós- Graduação e Pesquisa de Engenharia- UFRJ, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil).