

QUALIDADE DO AR

QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO₂ DOS MATERIAS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA EM CAÇAPAVA DO SUL/RS

Fernanda Pasini dos Santos – n.pasini@hotmail.com
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.

Jandir Pereira Blasius – jandirblasius@gmail.com
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.

Paula Londero da Silva – engpaulalondero@gmail.com
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.

Pedro Daniel da Cunha Kemerich – eng.kemerich@yahoo.com.br
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.

Resumo: Este trabalho visa aplicar duas metodologias de quantificação da emissão de gás carbônico (CO₂) 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 m², contendo 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 m³ 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 CO₂ a cada m² 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 CO₂ durante a construção da mesma obra.

Palavras-chave: Setor civil, Gás Carbônico, Residência.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Em vista da expansão das atividades da construção civil é pertinente que hajam pesquisas voltadas a quantificação de emissões de gases do efeito estufa. As buscas pela substituição de materiais típicos utilizados na construção e melhorias tecnológicas nos processos de sua fabricação e extração ganham destaque para a diminuição dos impactos ambientais gerados. 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).

O cimento, areia, brita cal, tijolos, telhas, madeira, aço e ferro são os principais materiais utilizados pelo setor de construção civil. De acordo com o Instituto IDD – Institut Wallon – VITO (2001) e John (2005) esses materiais são os que mais contribuem para emissões atmosféricas, seja durante a obtenção de matéria prima, no processo para fabricação, 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 CO₂.

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 m³/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).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados quantitativos de materiais utilizados na construção da residência adotada como padrão foram coletados através de anotações minuciosas do proprietário, expressos na Tabela 1. A residência modelo é situada no município de Caçapava do Sul – RS. A casa é de alvenaria e possui área de projeção de 80m², 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
Telha	Und	2.300
Aço/Ferro	Kg	270
Brita	m ³	27
Madeira	m ³	14

2.1 Quantificação de emissões de CO₂ segundo o método de Júnior (2008)

O método de quantificação de emissões de CO₂ 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).

Nos estudos de CYBIS e SANTOS (2000) eles abordaram as emissões de CO₂ referente à execução de paredes de alvenaria de cerâmica. Enquanto, Cruz (2003) faz uma padronização dos valores de referência por área de projeção da construção para cálculos a partir da área total da construção. Pesquisas realizadas na Bélgica pelo IDD – Institut Wallon – VITO (2001) para a indústria de materiais de construção, faz previsão de cálculos de emissões para casas com área maior que 200m² e seus resultados são dados em toneladas de materiais produzidos e extrapolados para casa com dimensões inferiores. Por fim, ISAIA e GASTALDINI (2004) direcionaram seus estudos referentes a cálculos de emissões para areia e brita. A relação exposta por todos os pesquisadores é que a cada 1 Kg de cal produzido são emitidos 0,786 Kg de CO₂.

A relação para cálculo entre os pesquisadores em que Júnior (2008) se baseou, é expresso na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Resultados das pesquisas sobre emissões de CO₂ 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 40m²)	CO₂ (Média/m²)
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 CO₂ no setor de construção civil.

.Material referente	Unidade	Kg de CO₂ por unidade
Saco de cimento	50 Kg	48,44
Saco de cal	20 Kg	15,71
Aço/ferro	Kg	1,45
Tijolo	Unidade	0,95
Areia	m ³	22,62

Fonte: Adaptado de JÚNIOR (2008).

2.2 Quantificação de emissões de CO₂ 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:

$$\text{Emissões MT, } j = \text{QTj} \times \text{FPj} \times \text{FEPj} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

QTj = quantidade de produto j necessária na obra, em toneladas;

FPj = fator de perda do produto j, adimensional;

FEPj = fator de emissão de CO₂ devido a utilização do produto j em edificações, em toneladas de CO₂ / 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 CO₂, devido à utilização do produto j em edificações é mostrado na Tabela 5.

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

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

Fonte: Adaptado de TAVARES, 2006.

Tabela 5 – Fator de emissão de CO₂ referente a cada material, devido à utilização do produto j em edificações dos materiais utilizados.

Fator de emissão de ferro e aço FEP (tCO ₂ /t aço)	1,8508
Fator de emissão do setor de agregados graúdos FEP (tCO ₂ /t agregados) -brita	0,0829
Fator de emissão do setor de agregados graúdos FEP (tCO ₂ /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 ₂ / t cimento)	0,7851

Fonte: Adaptado de COSTA (2012)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Produção de CO₂ na construção da residência padrão segundo método de Júnior (2008)

A relação proposta pelos diversos pesquisadores expostos na Tabela 2, é que a cada 1 Kg de cal produzido são emitidos 0,786 Kg de CO₂. Para construção da habitação utilizou-se 1.800 Kg de cal o que corresponde a 1.414,8 Kg de CO₂ emitidos. Ainda, partindo da analogia de que a cada 1 m² de construção emite 225 Kg de CO₂, e que a residência modelo apresenta 80 m², isso nos fornece o montante de 18.000 kg de CO₂ emitidos. Conforme a tabela 6 pode-se observar o resultado obtido através da aplicação dessa metodologia.

Tabela 6 – Padrão brasileiro de emissões de CO₂ referente aos materiais básicos utilizados na construção civil e resultados obtidos a partir desses dados referência.

Material referente	Kg de CO ₂ por unidade	Quantidade Unitária	Produção de CO ₂ total por item
Saca de cimento (50 Kg)	48,44	110	5.328,4
Saca 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 ³)	22,62	27	610,74
Total de CO₂			15.724,54

3.2 Produção de CO₂ 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 de cada um desses materiais. 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. Os valores encontrados estão na tabela 7.

Tabela 7 - Emissões de CO₂ referente aos materiais utilizados na construção civil

Material referente	Quantidade Unitária	Toneladas de CO ₂ total por item
Sacos de cimento (50 Kg)	110	1.72
Brita (m ³)	2	1.24
Kg de aço/ferro	270	0.049
Tijolo (unidade)	8.400	0.31
Areia (m ³)	27	2.24
Total de CO₂		5.559

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 CO₂ na construção da residência padrão.

3.3 Impactos ambientais dos materiais da construção civil

Conforme a Agenda 21 para Construção sustentável existem diretrizes que devem ser utilizadas pelo setor da construção civil, afim de, de minimizar os impactos ambientais e sociais causados nessa atividade.

Dentre elas podemos citar, a redução do consumo de energia no processo de produção, eliminação ou redução de emissões aéreas, redução do consumo de recursos naturais e geração de resíduos sólidos, geração de empregos, qualidade do ambiente de trabalho. Os impactos ambientais provenientes da produção de aço estão ligados aos dejetos do processamento de minérios, que possibilitam a contaminação de solos e lençóis freáticos. No contexto de poluição atmosférica, as emissões de CO₂ e demais gases contribuem para o efeito estufa.

Agregados como areia e brita materiais muito utilizados em obras, constituem cerca de 70% do concreto. A extração dos agregados constitui uma atividade exploratória, sendo responsável pela degradação ambiental. Basicamente, os impactos gerados por esses materiais são aumento de turbidez da água, alteração de paisagem, lançamento de efluentes, destruição da vegetação, emissão de gás carbônico devido aos processos de extração e transporte.

A cerâmica que constitui tijolos e telhas provém da retirada de argila, que por si gera impactos como desmatamento da vegetação nativa, poluição do ar, a poluição do solo, esgotos a céu aberto. A queima da lenha como forma de secagem no processo de produção de tijolos e telhas gera cinzas que por sua vez, libera óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio. Cada etapa da produção de cerâmica consome uma demanda de energia responsável pelo aumento do efeito estufa.

O setor cimentício apresenta um alto nível poluidor, pois em toda sua cadeia produtiva a níveis de poluição. De acordo com Maury e Blumenschein (2012) os impactos vão desde o processo de extração da matéria-prima onde ocorrem processos de erosão do solo, contaminação da água pelo uso de produtos com substâncias tóxicas até as fases de processamento e transporte, pela liberação de gases para a atmosfera.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É comprovado que o setor de construção civil representa a principal atividade de produção de emissões de CO₂ 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.

As indústrias de cimento, cal, cerâmica vermelha, aço e brita/areia são causadoras de impactos ambientais, porém apesar do entendimento de muitos setores da sociedade sobre os malefícios causados a vida do planeta, pouco se faz ou se discute sobre o assunto.

Observa-se uma grande divergência entre alguns parâmetros analisados, portanto é necessário que estudos mais aprofundados sejam realizados nessa temática, a fim de corroborar e definir qual metodologia é mais confiável, pois essa diferença entre dados dos pesquisadores é relacionada ao método individual utilizado para cálculo de emissões.

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. **Balanco Energético Nacional 2010 ano base 2009**. Brasil, 2010.

COSTA, B. L. C. **Quantificação das emissões de CO2 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 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.

JR, T. S. **Avaliação de emissões de CO₂ 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., BLUMENSCHNEIN, 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.