



## COMPARAÇÃO DA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS UTILIZANDO A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA MODULAR EM PALMAS – TO E EM SANTA MARIA – RS

Selton Fernandes de Sousa Lima (\*), Liliane Bonadiman Buligon, Joiceane Azolim

\* Universidade Federal do Tocantins – seltonfernandes@gmail.com

### RESUMO

O desenvolvimento sustentável aplicado à construção civil ainda enfrenta muitas dificuldades, que vão desde a escolha dos insumos até as distâncias de transporte de materiais. Entretanto, o aprimoramento de técnicas construtivas que permitam a construção rápida e econômica vem ganhando espaço no cenário nacional. O presente trabalho tem por objetivo comparar, por meio da Avaliação do Ciclo de Vida Modular, a emissão de dióxido de carbono de construções que utilizam o sistema convencional de tijolos cerâmicos e o Light Steel Framing (LSF). Além disso, é discutida a influência da distância de transporte dos insumos na produção de CO<sub>2</sub> ao analisar os sistemas em Palmas – TO e em Santa Maria – RS. É observado que em ambos os locais, a substituição do sistema construtivo convencional de alvenaria por LSF resultaria em uma significativa redução da emissão de CO<sub>2</sub>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emissão de CO<sub>2</sub>, Construção Civil, ACV-m.

### ABSTRACT

Sustainable development applied to construction still faces many difficulties, ranging from the choice of inputs to the materials transport distances. However, the improvement of constructive techniques that allow quick and economic construction has been gaining space in the national scenario. The aim of this paper is to compare, through the Modular Life Cycle Assessment, the emission of carbon dioxide from constructions using the conventional ceramic brick system and Light Steel Framing (LSF). In addition, the influence of the transportation distance of the inputs on the production of CO<sub>2</sub> when analyzing the systems in Palmas - TO and Santa Maria - RS is discussed. It is observed that in both locations, replacing the conventional masonry building system with LSF would result in a significant reduction in CO<sub>2</sub> emissions.

**KEY WORDS:** CO<sub>2</sub> Emission, Civil Construction, LCA-m.

### INTRODUÇÃO

O Relatório Brundtland (1987) concebeu o conceito de desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Entretanto, o cenário em que se encontra o setor da Construção Civil não está em consonância com as propostas ambientais discutidas. De acordo com o recente Relatório da ONU Meio Ambiente (2017), divulgado pela Aliança Global, as emissões de gás carbônico do setor da construção civil atingiram a 76 gigatoneladas no período compreendido entre 2010 e 2016, o que representa uma grave ameaça ao Acordo de Paris, que propõe a redução da emissão de gases de efeito estufa.

Um dos maiores responsáveis pela emissão de gás carbônico nesse setor é o cimento. Segundo o World Business Council for Sustainable Development (2010), 5% de todas as emissões antrópicas de gás carbônico na atmosfera são provenientes da produção de cimento. No Brasil, a situação é ainda mais grave, pois essa indústria tem elevada representatividade, sendo responsável por 29,7% das emissões de gás carbônico em 2012 (BRASIL, 2014). Porém, o processo de produção não é o único responsável pelos valores apresentados. O setor de transporte respondeu por 32,4% de todo o consumo energético no país, conforme o Balanço Energético Nacional (2017).

Em contrapartida, novos sistemas construtivos ganham espaço no cenário da construção civil nacional. Geralmente, tais sistemas apresentam maior produtividade e sua utilização pode ajudar a reduzir a emissão de gases de efeito estufa, principalmente devido ao processo de produção e agilidade de execução. O Light Steel Framing é uma tecnologia caracterizada por utilizar estruturas de aço e vedações pré-fabricadas que, diferentemente do processo de construção convencional com tijolos cerâmicos de vedação, reduzem os desperdícios de algumas atividades *in loco*, como rasgos na para passagem de tubulação, perdas em execução de chapisco, emboço e reboco.

## OBJETIVOS

Desse modo, o presente trabalho pretende avaliar quantitativamente a emissão de CO<sub>2</sub> de sistemas de vedação com Tijolo Cerâmico e de Light Steel Framing, aplicados nas cidades de Palmas – TO e Santa Maria – RS pelo método da Avaliação do Ciclo de Vida Modular (ACV-M); e, além disso, verificar a influência na emissão de CO<sub>2</sub> da distância em relação às indústrias dos respectivos insumos aplicados nos sistemas construtivos.

## METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa (Tabela 1) foi desenvolvida a partir de pesquisa bibliográfica em Torgal e Jalali (2011), Costa (2012), CBSB (2014) e Caldas (2016).

**Tabela 1. Metodologia da pesquisa.**  
**Fonte: Autor do Trabalho.**

Item	Etapa	Processo
1	Quantificação dos insumos para a construção das paredes em ambos os sistemas construtivos	Cálculo de volume de materiais empregados para a construção de 1 m <sup>2</sup> de superfície de parede
2	Estimativa das distâncias dos polos industriais de cada insumo até as cidades objeto de estudo	Utilização da ferramenta do Google Maps para a determinação da menor distância entre as fábricas e os locais de suposta execução das obras
3	Levantamento de dados para o cálculo de emissões de CO <sub>2</sub>	Revisão bibliográfica em Costa (2012) e CBCS (2014)
4	Cálculo da emissão de gás carbônico por metro quadrado de parede (em kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) para cada sistema construtivo	Utilização do método de cálculo apresentado por Costa (2012)

Ademais, para a execução da Etapa 1, foram determinados modelos para a composição das paredes:

- Parede de tijolo cerâmico: composta por tijolo de dimensões 14x19x29 cm, com argamassa de assentamento horizontal e vertical de 1 cm de espessura;
- Parede de Light Steel Framing: composta por uma placa cimentícia de 10 mm de espessura, uma placa de OSB, também de 10 mm, uma camada de lã de vidro de 50 mm, outra placa de OSB de 10 mm e, por fim, uma placa de gesso acartonado de 10 mm.

## RESULTADOS

Para definir a quantidade de tijolos, foram respeitadas as composições do TCPO PINI (2008), segundo a equação:

$$N_b = \frac{1}{(a+e_v).(b+e_h)} \quad \text{equação (1)}$$

Onde N<sub>b</sub> é o número de blocos; a é o comprimento do bloco; e<sub>v</sub> é a espessura de argamassa aplicada verticalmente na face do bloco; b é a altura do bloco; e<sub>h</sub> é a espessura de argamassa aplicada horizontalmente na face do bloco.

Dessa maneira, para as composições do sistema convencional – blocos de alvenaria de vedação de dimensões 0,29x0,19x0,14, temos:

$$\text{Nº de blocos} = \frac{1}{(0,29+0,01).(0,19+0,01)} \quad \text{equação (2)}$$

$$\text{Nº de blocos} = 16,6667$$

Ainda, sendo “e” a espessura do bloco, para o cálculo do volume de argamassa de assentamento, seguiu-se a seguinte relação:

$$V_{\text{arg}_A} = [1-(a.b.N_b)].e \quad \text{equação (3)}$$

Logo, temos:

$$V_{argA} = [1 - (0,29 \cdot 0,19 \cdot 16,6667)] \cdot 0,14$$

$$V_{argA} = 0,0114 \text{ m}^3$$

Também foi levado em consideração que, para as paredes de ambos os sistemas construtivos, foi feito chapisco, emboço e reboco, com espessuras, respectivamente, de 0,5 cm, 2 cm e 0,5 cm, em ambas as faces.

E, então, foi possível estimar as seguintes quantidades de insumos para ambos os sistemas construtivos:

**Tabela 2. Quantitativo adotado.**

**Fonte: Autor do Trabalho.**

Item	Insumo	Quantidade por m <sup>2</sup>	Quantidade t/m <sup>2</sup>
1	Bloco (un)	16,6667	0,0733
2	Cimento (kg)	12,7114	0,0127
3	Cal (kg)	6,3300	0,0063
4	Areia (m <sup>3</sup> )	0,0518	0,0828
5	Placa Cimentícia (m <sup>3</sup> )	0,0100	0,0170
6	Placa de OSB (m <sup>3</sup> )	0,0200	0,0061
7	Lã de Vidro (m <sup>3</sup> )	0,0500	0,0013
8	Gesso Acartonado (m <sup>3</sup> )	0,0100	0,0080

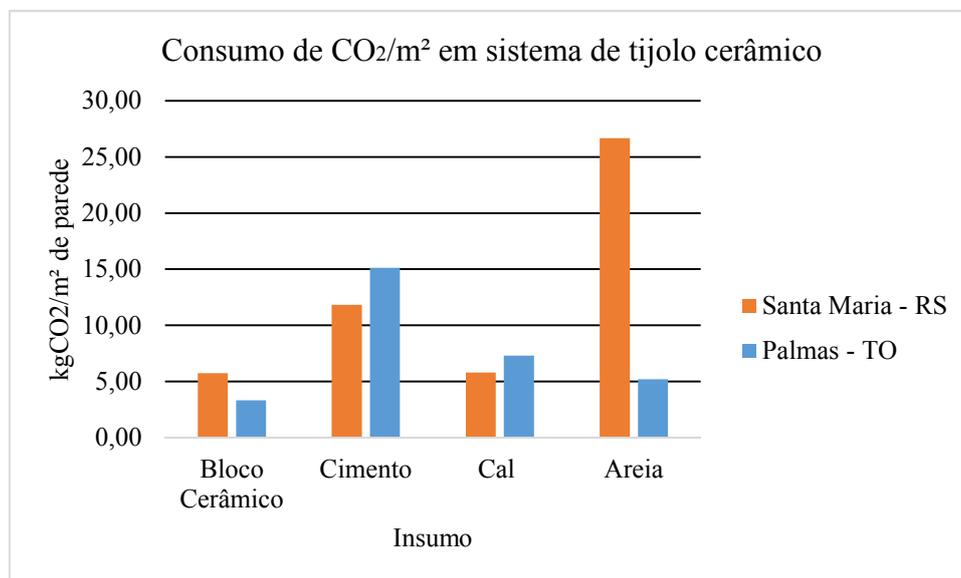
Com a verificação das distâncias entre os locais de produção dos insumos e seu destino final, na obra, foi produzida a Tabela 3.

**Tabela 3. Emissão de CO<sub>2</sub> em função da distância entre a fábrica do insumo e a obra.**

**Fonte: Autor do Trabalho.**

Local	Insumo	Distância Adotada (km)	Emissão de dióxido de carbono (t de CO <sub>2</sub> /t de insumo)
Palmas - TO	Bloco	280,00	0,1756
	Cimento	994,00	0,6234
	Cal	604,00	0,3788
	Areia	17,00	0,0107
	Placa Cimentícia	3290,00	2,0635
	Placa de OSB	3864,00	2,4235
	Lã de Vidro	3476,00	2,1801
	Gesso Acartonado	3500,00	2,1952
Santa Maria - RS	Bloco	592,00	0,3713
	Cimento	560,00	0,3512
	Cal	218,00	0,1367
	Areia	560,00	0,3512
	Placa Cimentícia	2690,00	1,6872
	Placa de OSB	1590,00	0,9972
	Lã de Vidro	2564,00	1,6081
	Gesso Acartonado	2590,00	1,6244

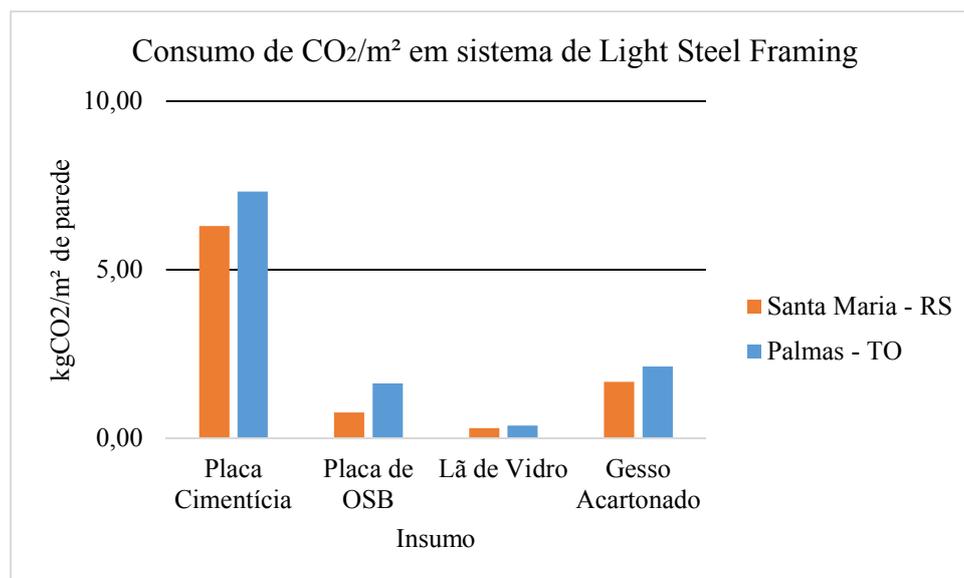
A Figura 1 é um gráfico comparativo do consumo de CO<sub>2</sub> em paredes com fechamento de tijolo cerâmico localizadas em Santa Maria e em Palmas. Assim, é possível notar que a Areia é o insumo com maior demanda de CO<sub>2</sub> em Santa Maria, com 26,65 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de parede; enquanto que em Palmas, o cimento é detentor do maior impacto, com o consumo de 15,11 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de parede.



**Figura 1: Consumo de de CO<sub>2</sub> de fechamentos de tijolo cerâmico em Santa Maria e em Palmas. Fonte: Autor do Trabalho**

A Figura 2, por sua vez, mostra um gráfico que relaciona os consumos de CO<sub>2</sub> de insumos do fechamento em Light Steel Framing, em Santa Maria e Palmas.

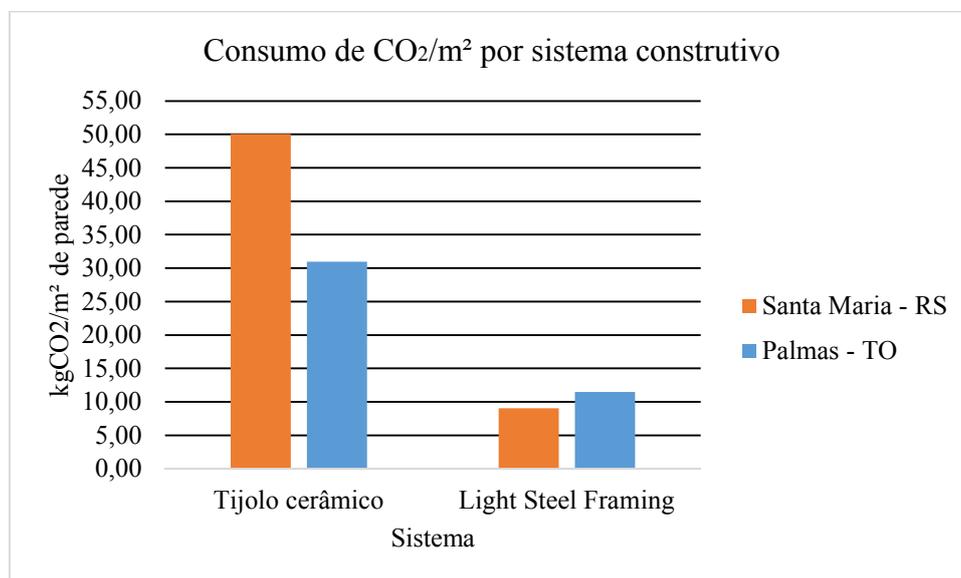
Observa-se, nesse contexto, que os consumos de CO<sub>2</sub> em ambas as cidades foram bastante semelhantes, com exceção da placa de OSB, que foi 53,18% maior em Palmas.



**Figura 2: Consumo de de CO<sub>2</sub> de fechamentos de light steel framing em Santa Maria e em Palmas. Fonte: Autor do Trabalho**

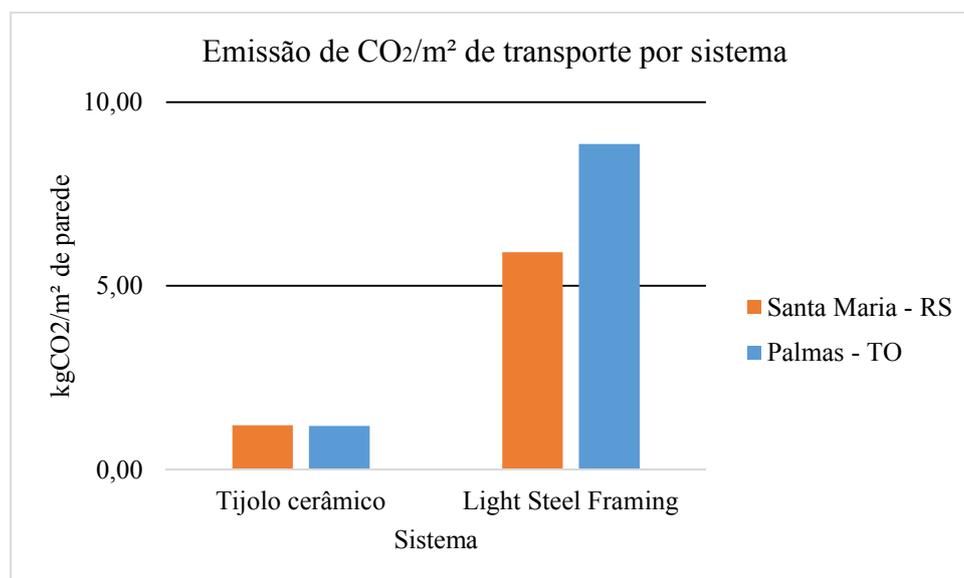
A seguir, são apresentados os consumos totais, ou seja, o somatório dos insumos de cada sistema construtivo, para cada cidade (Figura 3). Nota-se, com este gráfico, que o consumo de CO<sub>2</sub> em construção de Light Steel Framing representa

apenas 18,05% da emissão com a utilização de tijolos cerâmicos em Santa Maria. Em Palmas, a emissão de CO<sub>2</sub> com Light Steel Framing é 37,01% da emissão causada pela utilização de tijolos cerâmicos.



**Figura 3: Consumo de de CO<sub>2</sub> de fechamentos de light steel framing e de tijolos cerâmicos em Santa Maria e em Palmas. Fonte: Autor do Trabalho**

Ao discriminar a influência da distância de transporte dos insumos (Figura 4), percebe-se que a emissão de CO<sub>2</sub> no transporte de materiais para a construção de fechamentos em tijolo cerâmico em ambas as cidades é menor, se comparado ao Light Steel Framing.



**Figura 4: Consumo de de CO<sub>2</sub> em relação ao transporte de insumos de Light Steel Framing e de tijolos cerâmicos em Santa Maria e em Palmas. Fonte: Autor do Trabalho**

## CONCLUSÕES

- Para o sistema de tijolo cerâmico, o consumo de CO<sub>2</sub> é 61,72% maior em Santa Maria em relação ao consumo de uma obra em Palmas;

- Já no que diz respeito ao sistema Light Steel Framing, Santa Maria consome 21,11% menos CO<sub>2</sub>, se comparada a Palmas;
- Em Santa Maria, a utilização de Light Steel Framing no lugar de alvenaria de tijolo maciço resultaria na redução de 81,94% de emissão de CO<sub>2</sub>;
- Em Palmas, a utilização de Light Steel Framing no lugar de alvenaria de tijolo maciço resultaria na redução de 62,99% de emissão de CO<sub>2</sub>;
- Apesar da emissão de CO<sub>2</sub> em função do transporte de insumos de parede com tijolos cerâmicos ser 79,54% menor em Santa Maria em relação ao Light Steel Framing, o gasto energético com a produção torna esse sistema construtivo mais poluente que o Light Steel Framing;
- Algo de mesma grandeza ocorre em Palmas, onde a emissão de CO<sub>2</sub> em função do transporte é 62,99% menor em construções de tijolos cerâmicos do que em Light Steel Framing, mas, não obstante a isso, o primeiro sistema emite mais CO<sub>2</sub> em função da produção dos insumos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN) 2017: **Relatório Síntese ano base 2016**. Brasília-DF, 2017.
2. BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa Brasil**. 2. ed. Brasília, 2014.
3. BRUNDTLAND, Gro Harlem; COMUM, Nosso Futuro. Relatório Brundtland. **Our Common Future: United Nations**, 1987.
4. CALDAS, Lucas Rosse. **Avaliação do ciclo de vida energético e de emissões de de CO<sub>2</sub> de uma edificação habitacional unifamiliar de light steel framing**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
5. CBCS, ABCP, Blocobrasil. **Sustentabilidade na indústria de blocos e pavimento de concreto**. Avaliação de Ciclo de Vida Modular. CBCS, São Paulo, 2014.
6. COSTA, B. L. C. **Quantificação das emissões de de CO<sub>2</sub> geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
7. EMISSÕES DE GÁS CARBÔNICO DO SETOR DE CONSTRUÇÃO CHEGARAM A 76 GIGATONELADAS EM 2010-2016. ONU. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/emissoes-de-gas-carbonico-do-setor-de-construcao-chegaram-a-76-gigatoneladas-em-2010-2016/>>. Acesso em: 07 maio 2018.
8. TCPO, PINI. Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. **Editora Pini Ltda. 12ª edição**, 2008.
9. TORRALBA, Fernando Pacheco; JALALI, Said. **Energia incorporada em materiais de construção versus energia operacional**. Revista Internacional Construlink, v. 9, n. 27, p. 5-12, 2011.
10. WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD. **Cement Sustainability Initiative**. Cement technology roadmap 2009: carbon emissions reductions up to 2050. Paris, 2010.