

## ENERGIA E EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> DE SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL EM DRYWALL

### *Energy and CO<sub>2</sub> emissions of vertical sealing system in drywall*

Antonio Simões Branco Jr.<sup>1</sup>, Júlia Santiago de Matos Monteiro Lira<sup>2</sup>, Rosa Maria Sposto<sup>3</sup>

Recebido em 10 de julho de 2017; aceito em 10 de outubro de 2017; disponível on-line em 06 de março de 2018.



#### PALAVRAS CHAVE:

Energia;  
CO<sub>2</sub>;  
Drywall;  
Consumo de energia;  
Emissão de CO<sub>2</sub>;

#### KEYWORDS:

Energy;  
CO<sub>2</sub>;  
Drywall;  
Energy Consumption;  
CO<sub>2</sub> Emission.

**RESUMO:** A procura por maior otimização do processo produtivo de edificações, relacionada a simplificação e redução de prazos de execução e diminuição da geração de desperdícios, tem intensificado a utilização de sistemas construtivos industrializados no Brasil. De forma recorrente se verifica a disponibilização de sistemas de vedação em drywall nos lançamentos habitacionais recentes. Por exigência da NBR 15575 (ABNT, 2013) faz-se necessário avaliar o desempenho dos sistemas construtivos, tanto convencional como industrializado, considerando, entre outros, requisitos de sustentabilidade sob aspectos de durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental. Dessa forma, os sistemas construtivos industrializados em drywall devem atender aos requisitos e critérios estabelecidos naquela norma. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o consumo de energia e emissão de CO<sub>2</sub> de um sistema de vedação vertical em drywall, tipologia 140/90. A metodologia se baseou na quantificação de energia incorporada e emissões de CO<sub>2</sub>, por meio da avaliação de ciclo de vida energético - ACVE e de emissões de CO<sub>2</sub> - ACVCO<sub>2</sub>, respectivamente, nas etapas de fabricação, transporte e manutenção do sistema analisado. Este trabalho procura contribuir com a maior conscientização do uso de sistemas construtivos racionalizados e, principalmente, mais sustentáveis ambientalmente.

**ABSTRACT:** The search for greater optimization of buildings process production, related to simplification and reduction of lead times and reducing of waste, has intensified the use of industrialized constructive systems in Brazil. Repeatedly it is seen the availability of sealing system in drywall in recent housing releases. By requirement of NBR 15575 (ABNT, 2013) it is necessary to evaluate the performance of constructive systems, both conventional as industrialized, considering, among others, sustainability requirements under aspects of durability, maintainability and environmental suitability. Thus, the industrialized systems as drywall must comply with the requirements and criteria set out in that standard. In this context, the present study aimed to evaluate the energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions of a vertical sealing system in drywall, type 140/90. The methodology was based on quantification of embodied energy and CO<sub>2</sub> emissions, through the energy life cycle assessment-LCEA and CO<sub>2</sub> emissions-LCCO<sub>2</sub>A, respectively, considering the steps of manufacturing, transportation and maintenance of the system. This paper seeks to contribute to increase awareness of the use of rationalized constructive systems and, especially, more environmentally sustainable.

#### \* Contato com os autores:

<sup>1</sup> e-mail: antoniosbjr@gmail.com (A. S. Branco Jr.)

Engenheiro Civil, Mestrando, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

<sup>2</sup> e-mail: juliasantiago@gmail.com (J. S. M. M. Lira)

Engenheira Civil, Doutoranda, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

<sup>3</sup> e-mail: rmsposto@unb.br (R. M. Sposto)

Engenheira Civil, Doutora, Professora permanente do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira sempre foi marcada como altamente artesanal, utilizando materiais que não apresentam processos produtivos otimizados ou racionalizados e que tivessem, de alguma forma, preocupações com aspectos associados ao meio ambiente. Inúmeros exemplos podem ratificar essa afirmação, como uso de tijolos cerâmicos, argamassas rodadas em obra e estruturas de concreto convencional, dentre outros.

O emprego de materiais e sistemas construtivos industrializados já é uma realidade para algumas empresas de construção civil, porém, há ainda muito que caminhar nesse sentido. Essa mudança de paradigma se deve a fatores como necessidade de maior otimização dos processos produtivos, em especial por considerar aspectos associados à redução do prazo de execução, aumento da produtividade e redução de perdas. Nesse sentido pode-se tomar como exemplo o uso de sistemas de vedação em painéis de concreto, chapas cimentícias e *drywall*, sendo este último objeto do presente trabalho.

Com o advento da Norma Brasileira de Desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013), independente do grau de industrialização do sistema que esteja sendo utilizado faz-se necessária uma ampla avaliação do ciclo de vida dos sistemas empregados, contemplando dessa forma, os seus componentes. Nessa avaliação devem ser abordados aspectos envolvidos desde a etapa de extração das matérias primas até a destinação final dos resíduos da construção após findada a vida útil da edificação, na sua demolição.

Conforme Agopyan e John (2011), o impacto ambiental da construção civil depende da sua cadeia produtiva e inclui: extração de matérias-primas; produção e transporte de materiais e componentes; concepção e projetos; execução (construção), práticas de uso e manutenção e, ao final da vida útil, a demolição/desmontagem, além da destinação de resíduos gerados ao longo da vida útil.

A utilização do sistema de vedação

vertical em *drywall* já é realidade na construção civil brasileira, sendo seu uso recorrente em hotéis, shoppings, escolas e mais recentemente em habitações familiares. O grande dilema de sua utilização sempre foi o atendimento aos critérios de desempenho acústico, sendo constantemente questionada a sua utilização principalmente em edificações habitacionais.

Há vários sistemas em *drywall*, cada um atendendo uma faixa de resistência sonora, podendo, assim, variar os ambientes onde estes podem ser utilizados. Existe, também, diversos estudos que apresentam resultados de desempenho acústico desses sistemas.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar a energia incorporada e a emissão de CO<sub>2</sub> em um sistema de vedação vertical em *drywall*, considerando-se como unidade funcional o desempenho acústico, conforme exigido na Norma de Desempenho das edificações habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013). Para o alcance destes objetivos foram utilizadas as metodologias de Avaliação de ciclo de vida energética (ACVE) e a Avaliação de ciclo de vida de emissões de CO<sub>2</sub> (ACVCO<sub>2</sub>).

## 2. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO (ACVE) E DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> (ACVCO<sub>2</sub>)

A necessidade de aumento da capacidade de geração de energia devido, principalmente, ao consumo de materiais de construção com elevado teor de energia incorporada, bem como a geração cada vez maior de emissão de gases poluentes, como o CO<sub>2</sub>, na produção e consumo desses materiais, tem resultado em pesquisas de sistemas construtivos considerando o seu ciclo de vida, a fim de buscar alternativas de menor necessidade energética e reduzido impacto ambiental.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) propicia calcular os impactos ambientais de um produto sobre diferentes estágios do seu ciclo de vida, considerando todas as entradas de recursos, incluindo energia, água e materiais, bem como as

descargas ambientais (saídas), inclusive emissões de CO<sub>2</sub> e resíduos da construção durante as diferentes fases do ciclo (ATMACA et al., 2015; PEDROSO, 2015).

A NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) apresenta esta metodologia, indicando as etapas que devem ser executadas, a partir de um objetivo e escopo.

Considerando que os produtos ou processos avaliados possuem uma função, é definida uma unidade funcional para os mesmos, bem como limites ou fronteiras para o estudo; a seguir, procede-se ao levantamento do inventário das entradas e saídas do sistema de produto ou processo. Por fim, estes dados são transformados em impactos (mais globais), os quais são analisados, podendo ser transformados em perfis ambientais; por fim, avalia-se a qualidade final dos dados obtidos para o estudo.

A aplicação de uma ACV completa leva em consideração todas as etapas envolvidas ao longo da vida de determinado material, desde a extração da matéria-prima até a disposição final do produto, o que dificulta sobremaneira a determinação acurada dos valores envolvidos. Nesse sentido, algumas pesquisas têm utilizado recortes tanto das fases envolvidas ao longo do ciclo de vida como dos impactos ambientais gerados ao longo dessas fases. De forma recorrente tem-se buscado avaliar a energia incorporada nos produtos e as respectivas emissões de CO<sub>2</sub> por meio das avaliações do tipo ACVE e ACVO<sub>2</sub>.

Com relação as etapas envolvidas ao longo do ciclo de vida das edificações, Caldas (2016) as elenca como pré-uso, uso e pós-uso, bem como as respectivas energias envolvidas em cada uma, quais sejam: Energia Incorporada Inicial, Energia de Operação, Energia Incorporada de Manutenção e Energia de Demolição.

O conceito de ACVE pode ser entendido como uma forma simplificada de ACV que busca avaliar somente o consumo de energia ao longo das fases do ciclo de vida de um produto. Chau et al. (2015) apresenta uma equação que define que a Energia Total consumida durante todo o ciclo de vida da construção é igual ao

somatório das energias consumidas nas etapas de extração, manufatura, construção, operação, demolição, reciclagem e disposição final dos materiais. Já Tavares (2006) esclarece que a ACVE prioriza o inventário de dados de consumo energético, diretos e indiretos. Além disso, por ter uma estrutura mais simples do que uma ACV completa, demanda menos custos e tempo na sua execução.

Uma ACVE é uma forma simplificada, porém significativa, para a condução de uma análise de impactos ambientais. Baseada na ACV preconizada na norma ISO 14040, esta análise prioriza o inventário de dados de consumo energético, diretos e indiretos. Além disso, por ter uma estrutura mais simples do que uma ACV completa, demanda menos custos e tempo na sua execução (TAVARES, 2006).

Para a ACVCO<sub>2</sub> faz-se necessária a quantificação e a avaliação das emissões de CO<sub>2</sub> geradas nas principais etapas ao longo do ciclo de vida de um produto ou processo.

De acordo com Chau et al. (2015), a ACVCO<sub>2</sub> considera toda a emissão de carbono de um produto em diferentes fases do seu ciclo de vida. A quantidade de emissões de carbono pode ser representada como a soma das emissões devido à extração, manufatura, construção, operação, demolição, reciclagem e disposição final. Ainda segundo esse autor, as emissões de carbono incluem não só as emissões de carbono fóssil, mas também as emissões de carbono produzidas como resultado de reações químicas inerentes ao processo de produção industrial.

### 3. METODOLOGIA DA PESQUISA

De forma esquemática, a metodologia é apresentada na Figura 1.

Inicialmente foi feito o levantamento dos diversos sistemas de vedação vertical em *drywall* disponíveis no mercado da construção civil brasileira. De posse desses dados buscou-se na literatura científica os resultados do desempenho acústico para cada sistema e comparou-se com as exigências de atendimento acústico da NBR 15575

(ABNT, 2013). O levantamento das tipologias disponíveis pode ser visualizado no Quadro 1, já o

Quadro 2 apresenta as exigências acústicas segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013).

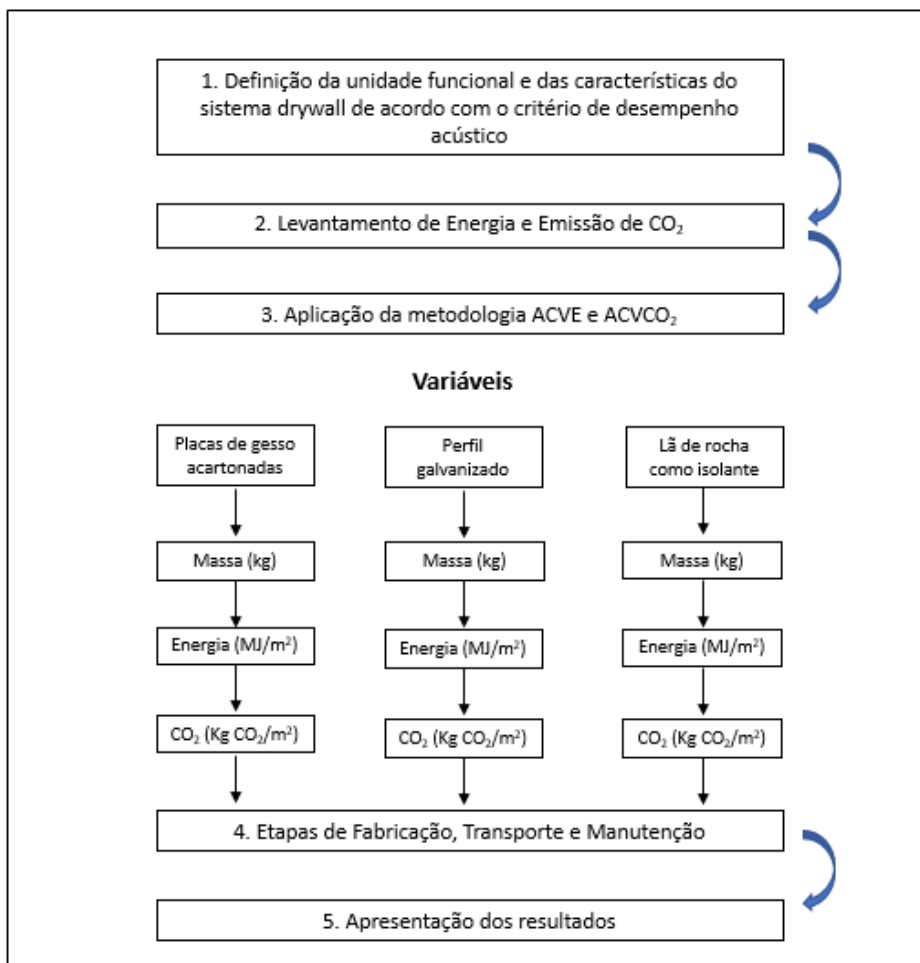


FIGURA 1: Metodologia da pesquisa.

FONTE: Autores

QUADRO 1: Tipologia e características de sistemas em <i>drywall</i>					
Tipologia	Espessura total da parede (mm)	Largura dos montantes (mm)	Quantidade e espessura das chapas (mm)	Isolamento acústico $R_w$ (dB)	
				Sem isolante	Com isolante
73/48	73	48	2 – 12,5	34/36	42/44
78/48	78	48	2 - 15	35/37	43/45
98/48	98	48	4 – 12,5	42/44	49/50
108/48	108	48	4 - 15	43/45	50/51
95/70	95	70	2 – 12,5	38/40	44/46
120/70	120	70	4 – 12,5	44/46	50/52
115/90	115	90	2 – 12,5	39/42	45/47
140/90	140	90	4 – 12,5	45/47	53/55

FONTE: Adaptada de Associação Brasileira do Drywall (2008).

<b>QUADRO 2: Índice de redução sonora ponderado, <math>R_w</math>, de componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes.</b>		
<b>Elemento</b>	<b><math>R_w</math> (dB)</b>	<b>Nível de Desempenho (M-mínimo; I-Intermediário e S-Superior)</b>
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria de pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S

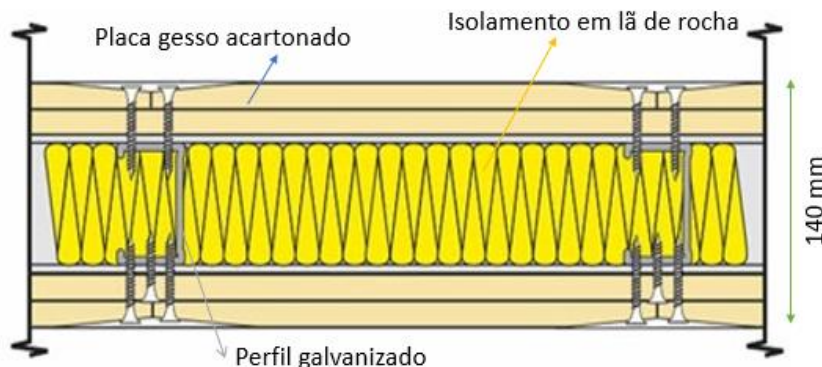
FONTE: NBR 15575 (ABNT, 2013).

O sistema considerado nesse estudo é o do tipo 140/90 (espessura total da parede de 140mm e largura dos montantes de 90mm), composto por quatro chapas de 12,5mm com isolante acústico do tipo lã de rocha. A escolha desse sistema se deveu a resistência sonora observada, na faixa de 53 a 55dB, o que viabilizaria sua utilização, por exemplo, como parede de separação entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação). A Figura 2 ilustra o sistema em análise.

Para a quantificação da massa, da energia incorporada e das emissões de CO<sub>2</sub> nas etapas de fabricação, de transporte e de

manutenção foram levantados os principais materiais e componentes do sistema *drywall*. Em seguida, calculou-se a massa e buscou-se na literatura científica os valores já pesquisados sobre energia incorporada e emissão de CO<sub>2</sub> para esses materiais. Por fim, foram calculados os valores de energia e emissões a partir da massa levantada e dos fatores apresentados na literatura.

No Quadro 3 são apresentados os materiais componentes do sistema de vedação em *drywall*, com os seus respectivos pesos por metro quadrado com o indicativo das referências literárias.



**FIGURA 2:** Sistema de vedação em *drywall*.

Fonte: Adaptado de Gypsum (2017).

QUADRO 3: Resumo – Sistema de Vedação em <i>Drywall</i> .		
Materiais	Massa/m <sup>2</sup>	Referência
Chapa gesso acartonado	37,57 kg/m <sup>2</sup>	Calculado a partir de Associação Brasileira do <i>Drywall</i>
Perfil galvanizado	1,55 kg/m <sup>2</sup>	Calculado a partir de fabricante
Lã de rocha	2,88 kg/m <sup>2</sup>	Calculado a partir de fabricante
<b>Total <i>Drywall</i></b>	<b>42 kg/m<sup>2</sup></b>	---

FONTE: Autores.

Para os perfis de aço galvanizado considerou-se um espaçamento entre perfis de 600 mm. De acordo com um dos fabricantes, o perfil U 90 mm (espessura de 0,5 mm) tem um peso de 0,58 kg/m. Com relação aos demais materiais utilizados no *drywall*, como parafusos, rejunte e fita adesiva, em função da baixa quantidade consumida por m<sup>2</sup>, seus cálculos foram desconsiderados.

Para a seleção dos fabricantes foram considerados somente fornecedores cadastrados no Programa Setorial de Qualidade – PSQ da construção civil, sendo considerados os mais próximos à Brasília-DF. Considerou-se que o sistema foi empregado em uma obra localizada no edifício SG12 da Universidade de Brasília – UnB, para fins de determinação da distância de transporte.

O Quadro 4 apresenta o resumo das distâncias de transporte considerado nesta pesquisa.

Para todos os fornecimentos de materiais considerou-se que o caminhão utilizado no transporte vai cheio da fábrica ao canteiro e

retorna vazio. Para tanto, utilizou-se o consumo médio de diesel de 0,0137 L/t.km (NABUT NETO, 2011). Para a conversão do consumo do diesel em energia e emissão de CO<sub>2</sub> considerou-se o preconizado no Balanço Energético Nacional (BEN, 2016), que cada litro de óleo diesel consumido equivale a 35,5 MJ de energia incorporada, e segundo IPCC (2006) que cada litro consumido de diesel emite 2,63 Kg CO<sub>2</sub>.

Com relação à etapa de uso, de acordo com a ABNT NBR 15575: 2013, a vedação vertical interna deve ter uma durabilidade mínima de 20 anos. Dessa forma, procurou-se identificar o número de substituições dos componentes do sistema *drywall* nesse período. Em função da não identificação de consenso nos índices de substituição na literatura científica, considerou-se que há substituição de 50% das placas de gesso acartonado, dos perfis galvanizados e do isolamento em lã de rocha nesse período.

Por fim, calculou-se a energia incorporada e a emissão de CO<sub>2</sub> por meio da ACVE e da ACVCO<sub>2</sub>.

<b>QUADRO 4: Resumo das distâncias de transporte.</b>			
<b>Material</b>	<b>Cidade de Origem</b>	<b>Cidade de Destino</b>	<b>Distância (km)</b>
Placa de Gesso	Mogi das Cruzes-SP	Brasília – DF SG12 – UnB	1068
Perfil metálico	Mogi das Cruzes-SP		1068
Lã de rocha	Descalvado-SP		800

FONTE: Autores.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

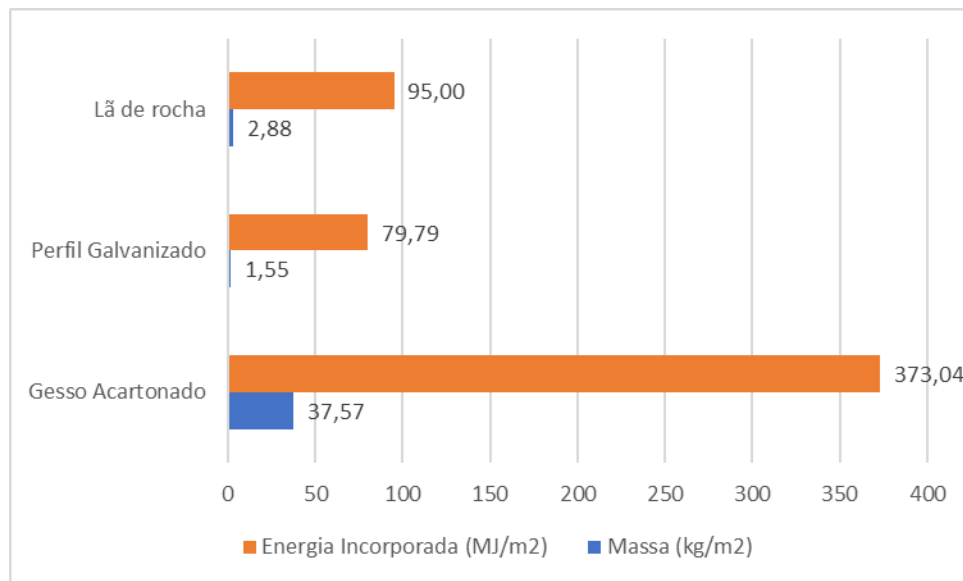
Os valores de energia incorporada e emissão de CO<sub>2</sub> para o sistema de vedação em *drywall* nas etapas de fabricação, transporte e manutenção estão apresentados na Tabela 1.

Na sequência são apresentados as Figuras 3 e 4 onde se verificam a energia incorporada e a emissão de CO<sub>2</sub> relativos a cada material componente analisado do sistema *drywall*, considerando as três etapas analisadas.

**TABELA 1: Consumo de Energia e Emissão de CO<sub>2</sub> - Sistema em *Drywall*.**

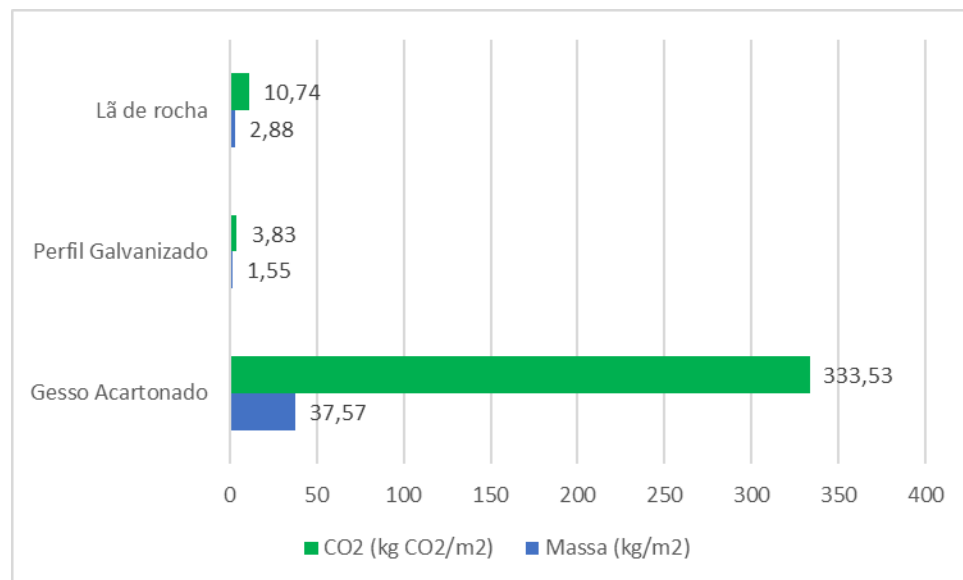
<b>Sistema em <i>drywall</i> – Fabricação</b>			
<b>Materiais</b>	<b>Massa (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>FEI (MJ/Kg)</b>	<b>FECO<sub>2</sub> (Kg CO<sub>2</sub>/kg )</b>
<b>Placa Gesso Acartonado</b>	37,57	6,10 (Tavares, 2006) = 229,18 MJ/m <sup>2</sup>	5,88 (Costa, 2012) = 220,91
<b>Aço Galvanizado</b>	1,55	33,80 (Tavares, 2006) = 52,39 MJ/m <sup>2</sup>	1,61 (Caldas, 2016) = 2,49 Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Lã de Rocha</b>	2,88	21,6 (Caldas, 2016) = 62,21 MJ/m <sup>2</sup>	1,10 (Caldas, 2016) = 7,08 Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Total etapa 1</b>	42 kg/m <sup>2</sup>	343,78 MJ/m <sup>2</sup>	230,48 Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Sistema em <i>drywall</i> – Transporte</b>			
<b>Placa Gesso Acartonado</b>	37,57	19,51	1,44
<b>Aço Galvanizado</b>	1,55	0,80	0,06
<b>Lã de Rocha</b>	2,88	1,12	0,08
<b>Total etapa 2</b>	42 kg/m <sup>2</sup>	21,43 MJ/m <sup>2</sup>	1,58 Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Sistema em <i>drywall</i> – Manutenção</b>			
<b>Etapa 1 + 2</b>		365,21 MJ/m <sup>2</sup>	232,06 Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>50 %</b>		182,60 MJ/m <sup>2</sup>	116,03 Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Sistema em <i>drywall</i></b>			
<b>Total</b>		<b>547,81 MJ/m<sup>2</sup></b>	<b>348,09 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></b>

FONTE: Autores.



**FIGURA 3:** Energia Incorporada por material - Sistema em *Drywall*.

**FONTE:** Autores.



**FIGURA 4:** Emissão de CO<sub>2</sub> por material - Sistema em *Drywall*.

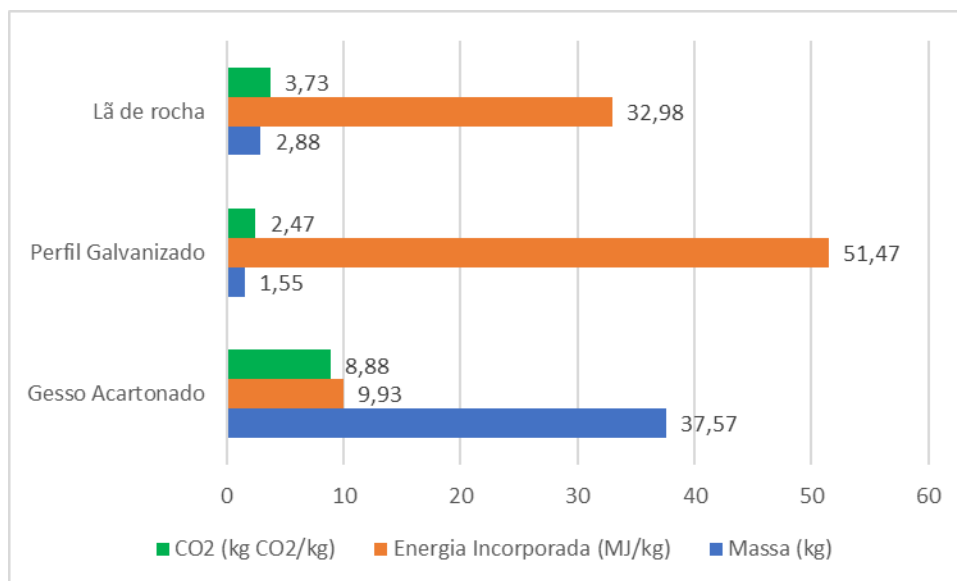
**FONTE:** Autores.

Da análise das figuras fica claro o peso do material constituinte da placa de gesso acartonado como material mais crítico do sistema *drywall*. Esse material corresponde a 68% do consumo energético e 96% das emissões de CO<sub>2</sub> considerando as etapas analisadas. Se considerarmos as etapas separadamente, para o consumo energético, esse componente é responsável por 67% da etapa de fabricação, 91% do transporte e 68% da manutenção. Já para a emissão de CO<sub>2</sub> corresponde a 96% da etapa de fabricação, 91% do transporte e 96% da

manutenção.

Por outro lado, se analisarmos esse sistema considerando o consumo energético e emissão de CO<sub>2</sub> em função da massa de participação de cada material no sistema *drywall*, verifica-se que o maior consumo energético se refere ao perfil galvanizado, já a maior emissão de CO<sub>2</sub> é novamente observada na placa de gesso acartonado. A Figura 5 apresenta os dados de consumo energético e emissão de CO<sub>2</sub> tendo como referência a unidade kg de cada material.





**FIGURA 5:** Energia Incorporada e Emissão de CO<sub>2</sub> por kg de material – *Drywall*.

**FONTE:** Autores.

A partir da análise da Figura 5 identifica-se que ao considerar-se o consumo energético por unidade de massa do componente, considerando todas as etapas analisadas, os itens perfil galvanizado e lã de rocha apresenta 54,5% e 34,9%, respectivamente. Assim, o consumo energético desses materiais por unidade de massa é bem superior ao da placa de “gesso acartonado”, que apresentou 10,6%.

Se considerarmos as etapas separadamente, para o consumo energético por massa, verificou-se variações em cada etapa. Na etapa de fabricação os maiores consumos de energia foram verificados para perfil galvanizado com 55% e lã de rocha com 35%; na etapa de transporte verificou-se tanto perfil galvanizado quanto gesso acartonado com 36% e na manutenção verificou-se perfil galvanizado com 54% e lã de rocha com 35%.

Com relação à emissão de CO<sub>2</sub>, considerando todas as etapas analisadas, o material gesso acartonado supera os demais componentes, tendo sido obtido 58,9% das emissões por massa de componente, sendo seguido por lã de rocha e perfil galvanizado, 24,7% e 16,4%, respectivamente.

Quando são consideradas as etapas separadamente verifica-se que o gesso acartonado

apresentou maiores emissões por massa em todas elas: na fabricação 59%, no transporte 37% e na manutenção 59%.

## 5. CONCLUSÕES

Conforme verificado no texto, há vários sistemas em *drywall*, com resistência sonora podendo atingir 55 dB quando utilizado com isolante acústico, o que torna sua utilização possível para diversas situações previstas na NBR 15575 (ABNT, 2013).

As avaliações realizadas apontam que sob o ponto de vista de consumo energético o componente - placa de gesso acartonado - apresentou consumo bem superior aos demais componentes quando se considerou o seu consumo por m<sup>2</sup> do sistema *drywall*, porém, ao se considerar o consumo por massa de material, o item perfil galvanizado se sobressaiu em relação aos demais, tendo sido observado maior consumo energético.

Outra consideração importante que deve ser trazida é que a matriz energética brasileira é composta por grande parcela de recursos renováveis, dessa forma, a simples comparação entre consumo energético deve ser feita com ressalvas.

Com relação à emissão de CO<sub>2</sub>, o componente - placa de gesso acartonado - apresentou maiores emissões nas duas avaliações realizadas, tanto por m<sup>2</sup> de sistema quanto por participação em massa, sendo, dessa forma, o material mais crítico. Nesse sentido, esse material deve receber grande atenção dos projetistas, pois a maior emissão de CO<sub>2</sub> está associada diretamente a diversos impactos ambientais.

O presente trabalho procurou apresentar o consumo energético e emissões de CO<sub>2</sub> para os diferentes componentes do sistema industrializado de vedação em *drywall*. Dessa forma, o intuito foi o de contribuir com a maior conscientização do uso de sistemas construtivos racionalizados e, principalmente, mais sustentáveis ambientalmente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, V.; JONH, V. M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. Série Sustentabilidade, Vol. 5. São Paulo: Ed. Blucher. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 21 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Tabelas de Desempenho de Revestimentos Drywall**. Disponível em: < <http://www.drywall.org.br/biblioteca.php/1/7>> Acesso em 01/05/2017.
- ATMACA, A.; ATMACA, N. **Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey**. Energy and Buildings. v. 102. p. 417 – 431. 2015.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN) 2015: Relatório Síntese ano base 2014. Brasília-DF, 2015.
- CALDAS, L. R. **Avaliação do Ciclo de Vida Energético e de Emissões de CO<sub>2</sub> de uma Edificação Habitacional Unifamiliar de Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2016.
- CHAU, C. K.; LEUNG, T. M.; NG, W. Y. **A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings**. Applied Energy. v. 143. p. 395 – 413. 2015.
- COSTA, B. L. C. **Quantificação das emissões 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.
- GYPSSUM. **Parede separativa**. Disponível em: <<http://www.gypsum.com.br/pt-pt/produto-e-sistema-drywall/sistemas/parede/parede-separativa>> Acesso em 02 de maio de 2017.
- IPCC. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, v. 2- Energy. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>> Acesso em 01 de julho de 2017.
- NABUT NETO, A.C. **Energia Incorporada e Emissões de CO<sub>2</sub> de Fachadas. Estudo de Caso do Steel Frame para Utilização em Brasília**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2011.
- PEDROSO, G. M. **Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE) de Sistemas de Vedação de Habitações**. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- PLACO SAINT-GOBAIN. **Componentes metálicos**. Disponível em:<<http://www.placo.com.br/products/componentes-metalicos>> Acesso em 02 de maio 2017.
- TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energética de Edificações Residenciais Brasileiras**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- THERMAX. **Lã de rocha**. Disponível em:<[https://www.rockfibras.com.br/produtos\\_LR\\_thermaxflex.html](https://www.rockfibras.com.br/produtos_LR_thermaxflex.html)> Acesso em 02 de maio de 2017.