

## **ANÁLISE COMPARATIVA DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> ENTRE EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA CONVENCIONAL E ALVENARIA STEEL FRAME**

Izabella Faria Patrício

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(izabella\_faria@hotmail.com)*

Eduardo Martins Toledo

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(eduardomtoledo@gmail.com)*

João Silveira Belém Júnior

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(jjbelem@yahoo.com.br)*

### **RESUMO**

O trabalho em questão tem o objetivo de análise e comparação das emissões de dióxido de carbono, no processo de construção de um mesmo modelo de unidade residencial em alvenaria convencional (bloco cerâmico) e alvenaria steel frame. O cálculo foi realizado a partir da Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE), para analisar os impactos gerados ao meio ambiente, baseada na Energia Embutida (EE), que calcula a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida dos materiais essenciais usados na construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construção. Mudanças Climáticas. Sustentabilidade. Análise do Ciclo de Vida. Materiais de Construção.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil por ser responsável por cerca de 33% das emissões de CO<sub>2</sub> (BALDICERO,2008), passou-se a ter a necessidade de buscar pesquisas por materiais que minimizem os impactos ao meio ambiente (CUNHA, 2009).

Silva (2012) afirma que a humanidade gera impactos ambientais desde a pré-história, principalmente a partir do surgimento das civilizações onde começou-se a retirar mais que o necessário para sobrevivência.

De acordo com Mattos (2008) a escassez dos recursos naturais permite que a humanidade fique mais ciente dos efeitos negativos que gera ao planeta e observa-se que é mudança é algo mais que necessário no modelo de vida. Ainda segundo o autor a sociedade atual consome cerca de ¼ acima da habilidade de renovação que o planeta possui, conseqüente gerando a perda de recursos. Conseqüentemente a falta de sustentabilidade gera impactos diretos a sociedade, como o aumento da temperatura global, carência de água e recursos e para que haja uma mudança, deve-se aplicar os conceitos de sustentabilidade diariamente para que seja possível amenizar os danos ao ambiente (MATTOS, 2008).

A metodologia da Análise do Ciclo de Vida (ACV) baseia-se numa técnica que possibilita um estudo quantitativo e qualitativo preciso dos materiais usados, desde o processo de retirada da natureza até sua disposição final (BUILDING, 2013).

Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE) – onde se observa o conjunto de insumos energéticos na fabricação e transporte de materiais (TAVARES, 2006) – que proporcionaram a possibilidade de avaliar, a emissão de dióxido de carbono, que é o principal gás causador do efeito estufa (BORBA, 2016).

Sendo assim, com a quantificação das emissões de CO<sub>2</sub>, deseja-se ver se será viável a substituição da alvenaria convencional por alvenaria steel frame, para gerar menos impactos ambientais (TAKUSHI, 2016). Tendo como objetivo achar materiais que sejam menos poluentes para amenizar impactos ao meio ambiente e construir de forma sustentável diminuindo o desperdício e conservando a qualidade do produto final (LOTTI, 2015).

Conseqüentemente foi feita a quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> dos diferentes tipos de alvenaria, especificadas neste trabalho, em um mesmo modelo de unidade residencial.

## 2 SISTEMA CONSTRUTIVO ALVENARIA STEEL FRAME

Mundialmente o sistema é conhecido tanto por *Light Steel Frame*, quanto por *Light Steel Framing* (TAKUSHI,2016). A expressão “frame” caracteriza a estrutura em forma de esqueleto que tem função estrutural, “framing” é o processo que se unem e vinculam os elementos (RODRIGUES; CALDAS, 2016, p. 12). A expressão “light” significa leve, e caracteriza os perfis de aço que são produzidos através de chapas de aço menos espessas, fazendo com que os perfis tenham menor peso (FUTURENG, [entre 2003 e 2016]).

O Sistema *Light Steel Frame* (LSF) é implantado no país, porém ainda é pouco empregado pelo fato das características conservadoras do mercado brasileiro (NAKAMURA, 2007, p. 2). A estrutura do LSF é caracterizada por uma estrutura de elementos individuais de aço, que trabalham conjuntamente com outros subsistemas, com o objetivo de suportar o peso da edificação (RODRIGUES, 2006)

O LSF é um sistema demasiadamente industrializado que possibilita uma construção a seco com alta rapidez de execução (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012). Conforme Silva e Silva (2008), os perfis de aço galvanizados que compõem a estrutura (vigas de piso, painéis autoportantes, estruturas treliçadas e demais componentes) são pré-fabricados reduzindo o tempo e custos da execução, dando leveza, facilitando manuseio e transporte.

O LSF por ser um sistema de montagem com elementos prontos, possibilita melhor gerenciamento de perdas e gastos (GOMES, 2009).

De acordo com Frasson e Bitencourt (2017) o sistema Steel Frame é um modelo construtivo feito a partir de perfis leves de aço galvanizado e painéis de fechamento. Terni, Santiago e Pianheri (2008) complementam que tal processo permite grande rapidez na realização da obra e com pouco desperdício.

As etapas construtivas para alvenaria convencional e LSF seguem praticamente o mesmo modelo: preparo do canteiro de obras; fundação e tratamento desta; montagem da estrutura; fechamento externo; instalações elétricas e hidrosanitárias; isolamento termo acústico; fechamento das paredes internas; colocação da esquadrias; tratamento das áreas úmidas; acabamento externo e interno; limpeza geral; avaliação e entrega do imóvel (FACCO, 2014).

De acordo com Santiago, Freitas e Castro (2012), os subsistemas (fundação, fechamento externo e interno, isolamento termo acústico e instalações hidráulicas e elétricas) se agregam a estrutura LSF, que é mesclada por placas estruturais, responsáveis por distribuir linearmente as cargas até a fundação e pela integridade da edificação.

### **3 SISTEMA CONSTRUTIVO ALVENARIA CONVENCIONAL**

O termo alvenaria convencional, relaciona-se, no Brasil, a um modelo largamente utilizado na construção de residências no país, esse sistema é constituído por blocos cerâmicos e concreto armado (FRASSON; BITENCOURT, 2017).

A alvenaria de vedação é feita para aguentar apenas as cargas de seu peso próprio (TAKUSHI, 2016). Ela é responsável por fechar e fazer a divisória da construção. No Brasil a alvenaria convencional é a mais utilizada, emprega juntamente com concreto armado moldado in loco.

Frequentemente esse modelo de construção não utiliza projeto de alvenaria, e conseqüentemente no decorrer da obra a improvisado na execução, o que gera mais desperdício de materiais (PAULUZZI, entre 2012 e 2016).

Esse sistema é composto por vigas, pilares e lajes de concreto armado, com tijolos cerâmicos para vedação (VASQUES, 2014). Logo o peso é dividido para vigas, lajes, pilares e conseqüentemente para a fundação (TAKUSHI, 2016).

Para a fabricação dos pilares e vigas é utilizado formas de madeira e aço estrutural, pois estes são moldados in loco. Logo, em seguida é aplicado o chapisco, emboço, reboco e pintura ou cerâmica.

A alvenaria convencional é um sistema integralmente artesanal, totalmente montado no local e conseqüentemente é definido por ter grande desperdício e pouca produtividade (PRUDÊNCIO, 2013). Contudo, esse modelo construtivo se sobressai pelo fato de apresentar alta longevidade, facilidade para encontrar material prima – bloco cerâmico, concreto, armadura e formas de Madeira - e alta tenacidade a vibrações, choques, elevadas temperaturas (KLEIN; MARONEZI, 2013).

#### **4 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA**

A Análise do Ciclo de Vida é método que visa a verificação dos impactos ao ambiente, através do estudo de cada produto, a partir da retirada da matéria-prima natural até sua decomposição, verificando assim todas as etapas de transformação e transporte (CHEHEBE, 1998; JENSEN, 1997; GRAEDEL, 1998; LIMA, 2007; apud RISSATO, 2012).

Os autores ainda complementam que o estudo é feito de maneira tão eficiente que abrange a extração dos recursos naturais, a sua confecção, transporte, utilização na construção, cuidados para a conservação, demolição e reutilização - que ainda é pequena.

A análise do ciclo de vida apresenta todos os muitos impactos que são gerados desde as emissões de gases para a atmosfera até os impactos gerados a litosfera e hidrosfera (BORBA, 2016). Ainda de acordo com Borba (2016), essa é a forma mais eficiente de discernir a forma mais conveniente e barata de reduzir tais impactos. Logo, tais deliberações de minimização formam os métodos de coordenação ambiental e evolução sustentável (CHEHEBE, 1998; JENSEN, 1997; GRAEDEL, 1998; LIMA, 2007; RISSATO, 2012).

De acordo com Flores (2012) a World Commission Environment and Development (1998) afirma que se não aplicarmos os conceitos do desenvolvimento sustentável na atualidade, comprometeremos as gerações futuras da utilização de recursos e da visão de biosfera que ainda temos a capacidade de ver atualmente.

#### **5 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO**

Segundo Tavares (2006), a Análise do Ciclo de Vida Energético é feita a partir da quantificação da energia necessária para a elaboração de um bem ou serviço. Conseqüentemente a delimitação dos limites da análise energética é um procedimento complicado, que requer condições e argumentos na definição do critério que será adotado.

Seja qual for a atividade de modificação, manuseio ou deslocamento de elemento requer o uso de algum tipo de energia, a compreensão dos fluxos energéticos é essencial para o entendimento de como os recursos de energia existentes são utilizados, por conseguinte a avaliação feita para a determinação dos gastos de energia para a produção de um produto é conhecida como análise energética e é bem complexa pois esta é bem ampla e precisa ser muito bem delimitada (TAVARES, 2006).

Por exemplo, ao se pensar na fabricação de um biscoito, pensa-se na energia gasta na bateadeira, na iluminação do ambiente, no forno, na fabricação e preservação dos ingredientes, montagem de maquinário para a fabricação dos ingredientes e das embalagens destes, limpeza do local entre outras, se observa então o quão grande e cuidadoso deve ser o detalhamento dos gastos energético de um produto (TAVARES, 2006).

Logo, como o objetivo de tal trabalho é a análise do gasto energético da construção de uma unidade residencial, a variedade de matérias-primas, equipamentos e máquinas é tão grande que a complexidade de conectar e computar a energia de todos os meios e materiais que são utilizados e gastos na realização de tal obra, poderia tornar inviável tal estudo sem a delimitação dos limites energéticos (BOUSTEAD; HANCOCK, 1979; TAVARES, 2006).

## **6 CONSTRUÇÃO CIVIL E EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>**

Tavares (2006) expõe que “um relato detalhado das emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil encontra-se no Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa publicado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2005)”.

O autor ainda complementa que a maior quantidade das emissões de CO<sub>2</sub> ligadas a construção civil provém da combustão dos combustíveis fósseis para gerar energia e nas reações químicas no seguimento industrial.

A construção civil brasileira, por mais que tenha uma consciência e preocupação ambiental elevadas está bem distante de desenvolver mercadorias ecologicamente corretas destinadas ao consumidor (STACHERA, 2008). Logo, o mesmo ainda completa que a construção civil, apesar de gerar grande quantidade de empregos e crescimento econômico, gera grandes impactos ambientais, como uma enorme quantidade de recursos naturais e produz grande volume de resíduos e gases poluentes (incluindo gases agentes do efeito estufa).

## **7 METODOLOGIA**

De acordo com Menezes e Silva (2005) o estudo realizado nesta pesquisa tem como propósito a criação de conhecimento para que este seja colocado em prática e seja de alguma forma capaz de ajudar na elaboração de soluções para o problema apresentado na localidade. Os autores ainda complementam que esta pesquisa também é

considerada quantitativa, visto que calcula os valores e informações para depois fazer a análise e a classificação desta.

Logo Borba (2016) complementa que só posteriormente são identificados os impactos ambientais gerados pelas emissões de CO<sub>2</sub> na construção destes modelo de casa unifamiliar.

De acordo com Soares (2003), por se referir a uma pesquisa de abordagem exploratória tem o propósito de estudar o caso desde a sondagem bibliográfica até a análise de modelos que facilitem a compreensão. “O estudo de caso tem como objetivo explorar, descrever e explicar situações reais complexa em que os limites não são devidamente definidos” (BORBA, 2016, p. 67).

A pesquisa ainda é caracterizada como estudo de caso, em relação ao procedimento técnico, que é um trabalho intenso e cansativo dos objetos relacionados a abordagem da pesquisa, para que se tenha um estudo amplo, detalhado, cansativo e sólido (BORBA, 2016).

Nesta etapa do trabalho será seguido um cronograma de atividades que consiste na escolha da unidade habitacional, no levantamento das etapas, dos serviços que devem ser realizados, da quantidade e do consumo de materiais e conseqüentemente das emissões de CO<sub>2</sub> por estes, a soma das quantificações, análise dos resultados e a obtenção da conclusão (BORBA, 2016).

## 7.1 UNIDADE HABITACIONAL ADOTADA

A unidade habitacional adotada, é uma casa de 3 quartos, um banheiro, cozinha e sala de estar, que possui 60,67 m<sup>2</sup>, ilustrada na figura 1.

## 7.2 PAREDES ALVENARIA BLOCO CERÂMICO

No sistema construtivo alvenaria convencional, as paredes são feitas de bloco cerâmico com seis furos que possui as dimensões de 14x19x39 cm. As paredes possuem pé direito de 3 metros, todas elas possuíram acabamento interno e externo com chapisco, emboço e reboco (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

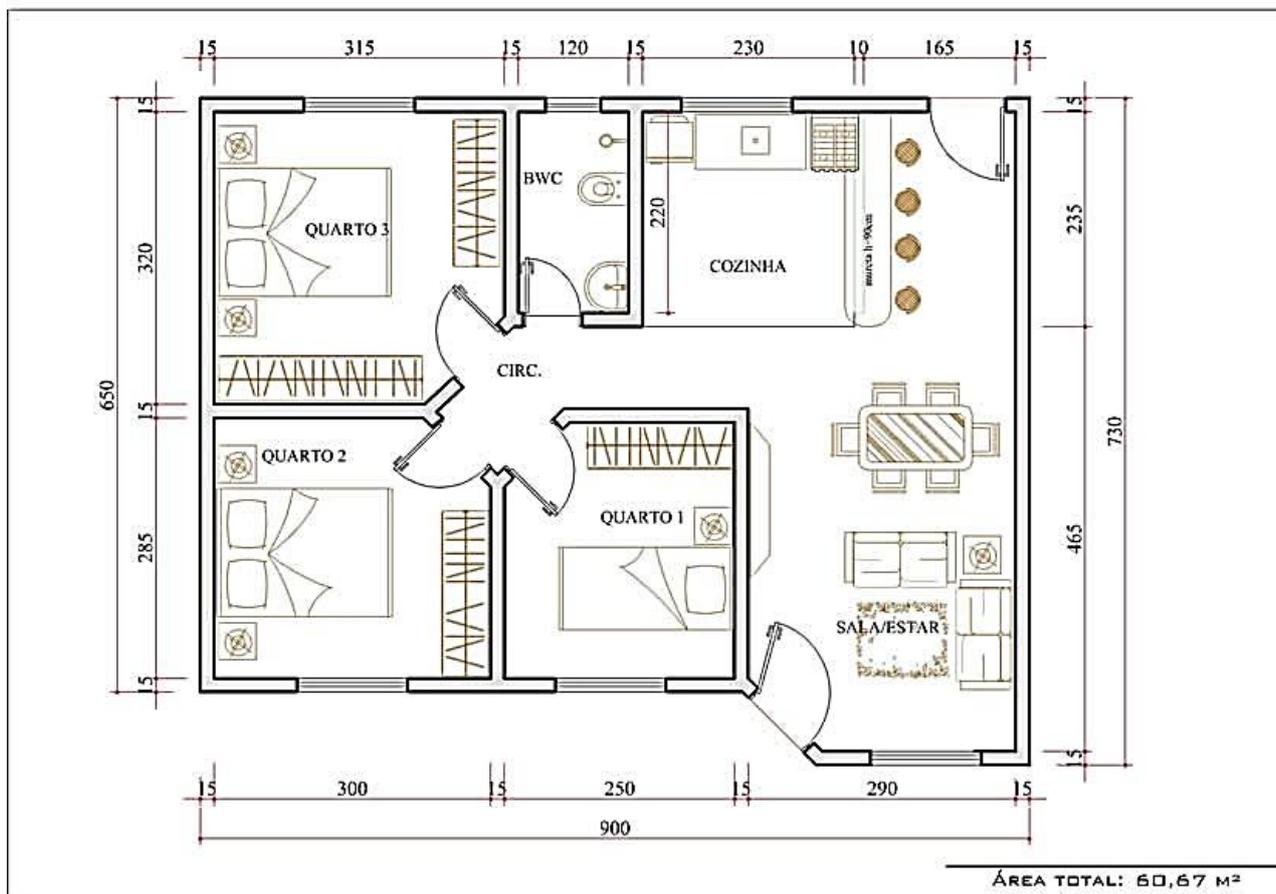
## 7.3 PAREDES ALVENARIA STEEL FRAME

No sistema construtivo alvenaria *Steel Frame*, as paredes, externas, serão feitas de painéis estruturais, formados a frio, de aço galvanizado. As paredes internas e externas serão preenchidas internamente por lã de vidro, com a finalidade de isolamento acústico (TAKUSHI, 2016). As paredes externas serão revestidas com placas cimentícias com espessura de 10mm, com impermeabilização em massa, fita telada e impermeabilizante, como mostrado na figura 18, e acabamento em textura lisa (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

As paredes internas serão feitas com painéis, formados a frio de aço galvanizado, não estrutural, revestido com placas de gesso acartonado de 12,5mm que é determinada

pele ambiente a qual será empregado. O acabamento destas paredes será feito com fita e massa corrida, nas juntas e posteriormente pintura (TAKUSHI, 2016).

Figura 1 - Planta baixa da Residência utilizada



Fonte: PLANTA DA CASA.COM, 2012.

#### 7.4 LISTAGEM DAS FASES E ATIVIDADES QUE ESTÃO SENDO QUANTIFICADAS

Na construção hipotética da unidade habitacional escolhida será necessário a efetuação das seguintes atividades: Limpeza do lote, locação da obra, fundação, o tipo de alvenaria - bloco cerâmico em uma e *Light Steel Frame*, estrutura, cobertura, revestimento, esquadrias, ferragens, pintura, Instalação elétrica, hidrossanitária e das redes de água e por fim a limpeza final da obra (BORBA, 2016).

De todas as atividades construtivas citadas, as etapas que terão a quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> calculadas serão as fases de fundação de acordo com cada tipo de alvenaria, estrutura de cada alvenaria, revestimento, pintura, esquadrias, cobertura, instalações hidráulicas, louças e metais (TAVARES, 2006).

Segundo Júnior (2006), os materiais da construção civil mais empregados são areia, aço, brita, cerâmica vermelha, cimento e PVC, e conseqüentemente são os maiores emissores de dióxido de carbono.

## 7.5 LISTAGEM DO QUANTITATIVO DE MATERIAIS E SERVIÇOS

A quantificação dos materiais que serão utilizadas na construção hipotética da unidade habitacional escolhida foi feita a partir da planta baixa, considerando que as paredes terão 3 metros de altura, nos modelos construtivos de alvenaria convencional e de alvenaria steel frame.

No cálculo do modelo construtivo Steel Frame será descontado os vãos de portas e janelas para o cálculo da alvenaria, pois o modelo construtivo vai ser considerado a estruturação já com a abertura das portas e janelas.

Na alvenaria convencional será considerado chapisco e emboço nas paredes externa e internas, em ambos os lados, conseqüentemente o valor da metragem da alvenaria será multiplicado por dois. Já o reboco será calculado descontando os vãos das portas e das janelas (BORBA, 2016).

A quantidade das esquadrias foi feita a partir das especificações do projeto da planta baixa.

Logo, Carminatti Júnior (2012), complementa que a quantificação da Energia Embutida total e por m<sup>2</sup> dos materiais será feita a partir dos modelos construtivos analisados e os dados foram adaptados de estudos anteriores inclusive dos estudos de Tavares (2006), e os resultados serão expostos na tabela 1.

Tabela 1 - Energia Embutida nos materiais da construção

(continua)

Material	Unidade	Energia Embutida MJ/Unidade
Aço CA-50 Ø 10,00 (3/8"), P=0,58Kg/m	Kg	31,00
Aço CA 50 Ø 6,30mm <sup>2</sup>	Kg	31,00
Arame Recozido	Kg	30,00
Areia Lavada tipo média	M <sup>3</sup>	75,80
Argamassa Pré-fabricada de Cimento Colante	Kg	4,30
Azulejo Cerâmico Esmaltado Liso	M <sup>2</sup>	64,60
Bacia sif louça branca p/cx acoplada	Peças	375,00
Bloco Cerâmico vazado estrutural – bloco inteiro 14 x 19 x 39 cm	Peças	23,20
Bucha red. Sold. Curta PVC rig água marrom 32x25mm	Peças	4,00
Cal Hidratada CH III	Kg	4,0
Cimento Portland CP II-E-32	Kg	4,20
Cola a base de PVA	Kg	78,40
Concreto Usinado F <sub>ck</sub> 20 MPa	M <sup>3</sup>	13.862,30
Granito preto Brasil 3cm (para tampos)	Peças	1,90
Guia G90	M	39,90

Tabela 1 - Energia Embutida nos materiais da construção

(continua)

<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>Energia Embutida MJ/Unidade</b>
Joelho 90° PVC tipo PB	Peças	4,00
Laje pré-fabricada treliçada para forro 50kg	M <sup>2</sup>	1.961,10
Lavatório de alumínio	Peças	220,00
Lavatório de louça branca médio	Peças	250,00
Madeira para formas 20mm espessura	M <sup>3</sup>	0,50
Madeira (peroba)	M <sup>3</sup>	0,50
Membrana de Polietileno	M <sup>2</sup>	0,0
Montante M90	M	44,30
Montante M140	M	56,50
Parafusos Galvanizados	Peças	1,90
Pedra Britada 1	M <sup>3</sup>	225,00
Pedra Britada 2	M <sup>3</sup>	217,50
Pedrisco	M <sup>3</sup>	225,00
Perfil Cartola	M	20,40
Piso Cerâmico Esmaltado Brilhante	M <sup>2</sup>	52,10
Placa Cimentícia 2,40m x 1,20m x 10mm	Peças	243,90
Placa de Gesso Acartonado 2,40m x 1,20m x 12,5mm	Peças	50,90
Placa OSB 1,20m x 2,40 m x 10mm	Peças	1,30
Perfil Cartola	M	20,40
Pontaleta 3ª. construção	M	0,50
Porta de Madeira 0,9m x 2,1m	Peças	6,80
Porta de Madeira 0,8m x 2,1m	Peças	6,10
Prego 18x27 com cabeça	Kg	31,00
Registro de gaveta bruto 25mm (1")	Peças	71,20
Registro para Chuveiro	Peças	7,20
Sarrafo 1 x 4"	M	0,50
Selador Acrílico	L	21,60
Selador a base de PVA pintura látex	L	21,60
Tábua 1 x 12"	M	0,50
Tê 90° PVC tipo PB, 25mm (3/4")	Peças	4,00
Tê 90° PVC tipo PB, 32mm (1")	Peças	4,00
Telas soldadas Q138 Ø 4,2mm #10x10cm	Kg	31,00
Telha de Fibrocimento 8mm	M <sup>2</sup>	67,80
Textura Acrílica	L	46,20
Tinta látex PVA	L	46,20

Tabela 1 - Energia Embutida nos materiais da construção

(conclusão)

Material	Unidade	Energia Embutida MJ/Unidade
Torneira cromada para lavatório 3/4"	Peças	7,80
Tubo Rígido PVC sold.pta/bolsa água marr 25mm(3/4")	M	3,20
Tubo Rígido PVC sold.pta/bolsa água marr 32mm(1")	M	3,20
Torneira	Peças	7,80
Veneziana de Vidro 0,60m x 0,60m	Peças	47,70
Veneziana de Vidro 1,20m x 1,00m	Peças	159,00

Fonte: Adaptado de Carminatti Júnior, (2012),

## 7.6 QUANTITATIVO DA ALVENARIA CONVENCIONAL

Quantitativo dos materiais e da Energia Embutida multiplicada dos materiais em MJ de acordo com Carminatti Júnior (2012). A Tabela 2 exemplifica os resultados.

Tabela 2 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

(continua)

Material	Quantidade	Unidade	EE/unidade (MJ)	EE total (MJ)
<b>FUNDAÇÃO</b>				
Concreto Usinado $f_{ck}$ 20 MPa	2,295	m <sup>3</sup>	13.862,30	31.813,98
Barra de aço CA-50 10mm <sup>2</sup>	141,79	kg	31,00	4.395,49
Arrame recozindo	0,57	kg	30,00	17,10
Prego 17x27	1,15	kg	31,00	35,65
Sarrafo 1x4"	25,85	m	0,50	12,925
Tábua 1 x 12"	172,35	m	0,50	86,175
<b>CONTRA PISO</b>				
Concreto Usinado $f_{ck}$ 20 MPa	3,01	m <sup>3</sup>	13.862,30	41.725,523
Telas soldadas Q138Ø 4,2mm #10x10cm	74,69	kg	31,00	2.315,39
Arame recozido	2,87	kg	30,00	86,10
<b>ESTRUTURA</b>				
Areia lavada tipo média	11,98	m <sup>3</sup>	75,80	908,084
Bloco cerâmico vazado estrutural 6 furos (14 x 19 x 39 cm)	1.864,00	peças	23,20	43.244,80
Cal hidratada CH III	1.992,81	kg	4,00	7.971,24
Cimento Portland CP II-E-32(MPa)	1.981,82	kg	4,20	8.323,644
Pedra Britada 1	0,017	m <sup>3</sup>	225,00	3,825
Pedra Britada 2	0,050	m <sup>3</sup>	217,20	10,86
Barra de Aço CA-50 1/4" Ø 6.3mm	4,60	kg	31,00	142,60
Tábua de cedrinho 1 x 12"	1,36	m	0,50	0,68
Laje pré-fabricada convencional para forro cerâmica	2,43	m <sup>2</sup>	1.961,10	4.765,473

Tabela 2 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

(conclusão)

Material	Quantidade	Unidade	EE/unidade (MJ)	EE total (MJ)
Pontaletes de cedro 3ª. construção 3 x 3"	4,16	m	0,50	2,08
Prego 17 x 27	0,073	kg	31,00	2,263
Sarrafo 1 x 4"	2,36	m	0,50	1,18
Pedrisco	1,86	m³	225,00	418,50
<b>PINTURA</b>				
Selador acrílico	27,95	L	21,60	603,72
Textura acrílica	87,85	L	46,20	4.058,67
Selador base PVA para pintura látex	15,97	L	21,60	344,952
Tinta látex PVA fosca	22,63	L	46,20	1.045,506
<b>REVESTIMENTO</b>				
Cola base de PVA	28,82	kg	78,40	2.259,488
Azulejo cerâmico esmaltado liso 15x15cm	35,22	m²	64,60	2.275,212
Piso cerâmico esmaltado liso 30x30cm espessura: 8mm	71,80	m²	52,10	3.740,78
Argamassa pré-fabricada de cimento colante para assentamento de peças cerâmicas	265,51	kg	4,30	1.141,693
<b>COBERTURA</b>				
Prego 18 x 27 com cabeça	0,69	kg	71,20	49,128
Madeira (peroba)	0,73	m³	0,50	0,365
Telha de fibrocimento 8mm	86,06	m²	67,80	5.834,868
<b>INSTALAÇÕES HIDRAÚLICAS</b>				
Tubo rígido PVC 25mm	18	m	3,20	8,20
Joelho 90° PVC 25mm	6	peças	4,00	24,00
Tubo rígido PVC 32mm	1	m	3,20	3,20
Tê 32mm	1	peças	4,00	4,00
Redução de gaveta	2	peças	71,20	142,40
Registro de chuveiro	1	peças	7,20	7,20
Tê 25mm	2	peças	4,00	8,00
<b>LOUÇAS E METAIS</b>				
Lavatório de louça branca média	1	peças	250,00	250,00
Bacia sif louça branca p/cx acopl.	1	Peças	375,00	375,00
Torneira cromada para lavatório	1	Peças	7,80	7,80
Granito preto Brasil 3cm	1,5	Peças	1,90	2,85
Torneira	1	Peças	7,80	7,80
<b>ESQUADRIAS</b>				
Veneziana de vidro 1,20x1,00m	5	Peças	159,00	795,00
Porta madeira 0,9x2,10m	5	Peças	6,80	34,00
Veneziana de vidro 0,60x0,60m	1	Peças	47,70	47,70
Porta madeira 0,80x2,10m	1	Peças	6,10	6,10
<b>TOTAL</b>				
<b>Toda a Energia Embutida no sistema</b>				<b>125.208,867</b>
<b>Energia Embutida por m²</b>				<b>2.063,77</b>

Fonte: Adaptado de Borba, (2016)

## 7.7 QUANTITATIVO DA ALVENARIA STEEL FRAME

Quantitativo dos materiais e da Energia Embutida multiplicada dos materiais em MJ de acordo com Carminatti Júnior (2012). Tabela 3 exemplificando os resultados.

Tabela 3 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

(continua)				
Material	Quantidade	Unidade	EE/unidade (MJ)	EE total (MJ)
<b>FUNDAÇÃO</b>				
Concreto Usinado $f_{ck}$ 20 MPa	6,067	m <sup>3</sup>	13.862,30	84.102,57
Telas soldadas Q138 Ø 4,2mm #10x10cm	83,52	kg	31,00	2.589,12
Arrame recozindo	0,81	kg	30,00	24,30
Aço para vigas CA-50 Ø 10mm	61,92	kg	31,00	1.919,52
Madeira para formas	0,18	m <sup>3</sup>	0,10	0,018
<b>ESTRUTURA</b>				
Montante M90	350,70	m	44,30	15.536,00
Ombreira (Montante M90)	86,42	m	44,30	3.828,406
Guia G90	167,16	m	39,9	6.669,684
Montante M140	4,67	m	56,50	263,855
Parafuso Galvanizado (ponta broca)	1.913,00	Peças	1,90	3.634,70
Membrana Polietileno	101,24	m <sup>2</sup>	0,0	0,00
Placa Cimentícia 2,40m x 1,20m x 10mm	34,00	Peças	243,90	8.292,60
Junta Invisível (pla cimentícia)	136,77	m	0,00	0,00
Junta (placa gesso acartonado)	284,39	m	0,00	0,00
Placa de Gesso Acartonado 2,40m x 1,20m x 12,5mm	49,00	Peças	50,90	2.494,10
Parafuso Galvanizado (ponta agulha)	2.295,00	Peças	1,90	4.360,50
<b>PINTURA</b>				
Selador acrílico	27,95	L	21,60	603,72
Textura acrílica	87,85	L	46,20	4.058,67
Selador base PVA para pintura látex	15,97	L	21,60	344,952
Tinta látex PVA fosca	22,63	L	46,20	1.045,506
<b>REVESTIMENTO</b>				
Cola base de PVA	28,82	kg	78,40	2.259,488
Azulejo cerâmico esmaltado liso 15x15cm	35,22	m <sup>2</sup>	64,60	2.275,212
Piso cerâmico esmaltado liso 30x30cm espessura: 8mm	71,80	m <sup>2</sup>	52,10	3.740,78
Argamassa pré-fabricada de cimento colante para assentamento de peças cerâmicas	265,51	kg	4,30	1.141,693
<b>COBERTURA</b>				
Montante M90	290,44	m	44,30	12.866,49
Guia G90	52,55	m	39,90	2.096,745
Perfil Cartola	157,67	m	20,40	3.216,468
Telha de fibrocimento 8mm	73,61	m <sup>2</sup>	67,80	4.990,758

Tabela 3 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

(conclusão)

Material	Quantidade	Unidade	EE/unidade (MJ)	EE total (MJ)
<b>INSTALAÇÕES HIDRAÚLICAS</b>				
Tubo rígido PVC 25mm	18	m	3,20	8,20
Joelho 90° PVC 25mm	6	peças	4,00	24,00
Tubo rígido PVC 32mm	1	m	3,20	3,20
Tê 32mm	1	peças	4,00	4,00
Redução de gaveta	2	peças	71,20	142,40
Registro de chuveiro	1	peças	7,20	7,20
Tê 25mm	2	peças	4,00	8,00
<b>LOUÇAS E METAIS</b>				
Lavatório de louça branca média	1	peças	250,00	250,00
Bacia sif louça branca p/cx acopl.	1	Peças	375,00	375,00
Torneira cromada para lavatório	1	Peças	7,80	7,80
Granito preto Brasil 3cm	1,5	Peças	1,90	2,85
Torneira	1	peças	7,80	7,80
<b>ESQUADRIAS</b>				
Veneziana de vidro 1,20x1,00m	5	Peças	159,00	795,00
Porta madeira 0,9x2,10m	5	Peças	6,80	34,00
Veneziana de vidro 0,60x0,60m	1	Peças	47,70	47,70
Porta madeira 0,80x2,10m	1	Peças	6,10	6,10
<b>TOTAL</b>				
<b>Toda a Energia Embutida no sistema</b>				<b>174.081,105</b>
<b>Energia Embutida por m<sup>2</sup></b>				<b>2.869,31</b>

Fonte: Adaptado de Carminatti Júnior, (2012).

## 8 RESULTADOS

A Energia Embutida (EE) calcula a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida pelo sistema na etapa de fabricação, não será calculada a EE na etapa de transporte, pois as casas não vão ser realmente construídas. A Tabela 4 apresenta a EE total e a EE por m<sup>2</sup> de cada sistema construtivo que foi estudado.

Tabela 8 - Comparativo de Energia Embutida por Subsistema

Energia Embutida (MJ)	Alvenaria Bloco		Alvenaria Steel	
	Cerâmico	% Representativa	Frame	% Representativa
<b>Fundação</b>	36.361,32	29,04	88.635,528	50,92
<b>Contra Piso</b>	44.127,013	35,24	0,00	0,00
<b>Estrutura</b>	21.642,345	17,28	45079,845	25,89
<b>Pintura</b>	6.052,848	4,83	6.052,848	3,48
<b>Revestimento</b>	9.417,173	7,52	9.417,173	5,41
<b>Cobertura</b>	5.884,361	4,70	23.170.461	13,31
<b>Instalações Hidráulicas</b>	197,00	0,16	197,00	0,11
<b>Louças e Metais</b>	643,45	0,52	643,45	0,37
<b>Esquadrias</b>	882,80	0,71	882,80	0,51
<b>TOTAL</b>	125.208,867	100	174.081,105	100

Fonte: Adaptado de Carminatti Júnior, (2012).

Logo, como exposto na Tabela, observa-se que o modelo construtivo alvenaria Bloco Cerâmico possui uma quantidade menor de Energia Embutida total e conseqüentemente por m<sup>2</sup> do que a alvenaria *Steel Frame*.

## 9 CONCLUSÃO

Observa-se que nos capítulos anteriores foram apresentados os materiais e métodos construtivos que estão sendo comparados para a obtenção do resultado final quanto às emissões de CO<sub>2</sub> embutidas em cada modelo construtivo.

Logo, pode-se observar que os subsistemas, do modelo construtivo alvenaria convencional, responsáveis pela maior EE e conseqüentemente maiores emissores de CO<sub>2</sub> são o contrapiso, com uma representatividade de 35,24%, e em seguida a fundação, com 29,04%. Pois são as etapas que mais utilizam o material com maior EE que é o concreto usinado.

Conseqüentemente à analisa-se que as etapas, do modelo construtivo alvenaria *Steel Frame*, com maior impacto de emissões de CO<sub>2</sub>, logo com maior EE são a fundação, que simboliza 50,92% que utiliza basicamente concreto usinado, e a estrutura, com 25,89% que utiliza grande quantidade de aço mesmo este não sendo um grande emissor de CO<sub>2</sub>.

Nas etapas de pintura, revestimento, instalações hidráulicas, louças, metais e esquadrias, foram calculados igualmente em ambos os sistemas, porém não tem a mesma representatividade em %. Portanto não impactou de forma direta no cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> de ambos os sistemas.

Logo as etapas que realmente impactaram no cálculo da Energia Embutida e conseqüentemente no resultado obtido neste estudo são a fundação, cobertura e estrutura (que engloba desde a alvenaria até a etapa de acabamento para receber a pintura ou a cerâmica nos ambientes específicos).

Logo, podemos observar que a melhor alternativa quanto às emissões de CO<sub>2</sub> é a alvenaria Bloco Cerâmico, pois ela apresenta menor quantidade de Energia Embutida em seu sistema construtivo e conseqüentemente menor impacto ambiental e atmosférico.

A partir do estudo apresentado neste trabalho podemos observar que os materiais que apresentam maior emissão de CO<sub>2</sub> na sua fabricação são o concreto usinado com 13.862,30 MJ/m<sup>3</sup>, laje pré-fabricada treliçada com 1.961,10 MJ/m<sup>2</sup>.

Mesmo o sistema construtivo alvenaria *Steel Frame* sendo um modelo cerca de 5 vezes mais rápido, limpo e com menor desperdício para construir que a alvenaria Bloco Cerâmico, observando apenas a etapa de fabricação dos materiais que serão utilizados a alvenaria bloco cerâmico apresenta menor quantidade de emissões de CO<sub>2</sub>. Talvez se for possível o cálculo da Energia Embutida na mão de obra e energia elétrica gasta, na quantidade de dias, para finalização da construção seja possível um resultado diferente do obtido neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas**: NBR 15575-5.2013

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. ISSO 14040.2009

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação - Citações em documentos – Apresentação**: NBR 10520.2002

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais**: NBR 15253.2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos**. NBR 6118.2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Componentes Cerâmicos: Parte 1 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria de vedação**. NBR 15270-1.2005

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Bloco Cerâmico para Alvenaria**. NBR 7171.1992.

BENITE, Anderson. Emissões de carbon e a construção civil. **Centro de Tecnologia de Edificações (CTE)**, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.cte.com.br/imprensa/2011-02-27-emissoes-de-carbono-e-a-construcao-civ/>>. Acesso em: 27 set. 2018.

BERTOLINI, Enzo. Emprego na construção brasileira cresceu 0,61% em agosto. **Sindicato da Construção Civil de São Paulo**, São Paulo, out 2018. Disponível em: <<https://www.sindusconsp.com.br/sinduscon-sp-emprego-na-construcao-brasileira-cresceu-061-em-agosto>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

BERTOLINI, Enzo. Construção civil encerra 2017 com menos 125 mil vagas. Emprego na construção brasileira cresceu 0,61% em agosto. **Sindicato da Construção Civil de São Paulo**, São Paulo, fev 2018. Disponível em: <<https://www.sindusconsp.com.br/release/sinduscon-sp-construcao-civil-encerra-2017-com-menos-125-mil-vagas>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

BERTOLINI, Enzo. PIB da construção deve ficar em -5,3% em 2016. Emprego na construção brasileira cresceu 0,61% em agosto. **Sindicato da Construção Civil de São Paulo**, São Paulo, dez 2016. Disponível em < <https://www.sindusconsp.com.br/pib-da-construcao-deve-ficar-em-53-em-2016-segundo-o-sinduscon-sp>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

BORBA, Iasmíny da Cunha. **Quantificação das emissões de CO2 na construção de unidades residenciais unifamiliares com diferentes materiais**. 2016. Disponível em:

<[http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/6884/2/DIS\\_IASMINY\\_BORBA\\_DA\\_CUNHA\\_COMPLETO.pdf](http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/6884/2/DIS_IASMINY_BORBA_DA_CUNHA_COMPLETO.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2018.

CALDAS, Luca Rosse; SPOSTO, Rosa Maria; PAULSEN, Jacob Silva; SANTOS FILHO, Vamberto Machado. Emissões de CO<sub>2</sub> no ciclo de vida de habitações de interesse social: Estudo de caso para o DF-Brasil. **Sibragec Elagec**. 2015. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/profile/Lucas\\_Caldas2/publication/283316660\\_EMITSOES\\_DE\\_CO\\_2\\_NO\\_CICLO\\_DE\\_VIDA\\_DE\\_HABITACOES\\_DE\\_INTERESSE\\_SOCIAL\\_ESTUDO\\_DE\\_CASO\\_PARA\\_O\\_DF-BRASIL/links/56326ecd08ae5848780922a2/EMISSOES-DE-CO-2-NO-CICLO-DE-VIDA-DE-HABITACOES-DE-INTERESSE-SOCIAL-ESTUDO-DE-CASO-PARA-O-DF-BRASIL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lucas_Caldas2/publication/283316660_EMITSOES_DE_CO_2_NO_CICLO_DE_VIDA_DE_HABITACOES_DE_INTERESSE_SOCIAL_ESTUDO_DE_CASO_PARA_O_DF-BRASIL/links/56326ecd08ae5848780922a2/EMISSOES-DE-CO-2-NO-CICLO-DE-VIDA-DE-HABITACOES-DE-INTERESSE-SOCIAL-ESTUDO-DE-CASO-PARA-O-DF-BRASIL.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2019.

CARMANATTI JÚNIOR, Riberto. **Análise do Ciclo de Vida Energético de projeto de habitação de interesse social concebido em Light Steel Framing**. 2012. Disponível em:

<<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4669/4297.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

CARDOSO, Silvia Scalzo; BARROS, Mercia Maria Bottura. Especificação de perfis para drywall e light steel framing. Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em:

<[https://www.abcem.org.br/construmetal/downloads/apresentacao/46\\_ESPECIFICACAO-PARA-PERFIS-DE-DRYWALL-E-LIGHT-STEEL-FRAMING.pdf](https://www.abcem.org.br/construmetal/downloads/apresentacao/46_ESPECIFICACAO-PARA-PERFIS-DE-DRYWALL-E-LIGHT-STEEL-FRAMING.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2018.

CORREIA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. Disponível em: <<http://especializacao civil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Sustentabilidade%20na%20Constru%E7%E3o%20CivilL.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2018.

CRUZ, Herbert Melo; SANTOS, Débora de Gois e MENDES, Ludmilson Abritta. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambient. Constr.** [online]. 2018, vol.18, n.1, pp.49-65. ISSN 1678-8621. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1678-86212018000100049&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1678-86212018000100049&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 04 set. 2018.

DAMINELI, B. L. ; PILEGGI, R. G. e JOHN, V. M.. Influência do empacotamento e dispersão de partículas no consumo de cimento de concretos. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.** [online]. 2017, vol.10, n.5, pp.998-1024. ISSN 1983-4195. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1983-41952017000500998&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1983-41952017000500998&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 04 set. 2018.

FERREIRA, José Vicente Rodrigues. **Análise do ciclo de vida dos produtos**, 2004. Disponível em:

<<http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/jvf/Gest%C3%A3o%20Ambiental%20-%20An%C3%A1lise%20de%20Ciclo%20de%20Vida.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

FRASSON, Karine Crozeta; BITTENCOURT, MARCOS. **Análise comparative dos sistemas construtivos alvenaria convencional e light steel frame: Um estudo de caso em residência unifamiliar**: 2017. Disponível em:

<<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/2338/An%C3%A1lise%20comparativa%20dos%20sistemas%20construtivos%20alvenaria%20convencional%20e%20light%20steel%20frame-estudo%20de%20caso%20em%20resid%C3%A2ncia%20unifamiliar.pdf?sequence=6>> . Acesso em: 28 de ago. 2018.

MIRANDA, Deividy; ZAMBONI, LUIZ RICARDO. **Estudo comparative entre o sistema de alvenaria convencional em casas populares.**2016. Disponível em: <<http://tcconline.utp.br/media/tcc/2017/05/ESTUDO-COMPARATIVO-ENTRE-O-SISTEMA-CONSTRUTIVO-LIGHT-STEEL-FRAME-E-O-SISTEMA-DE-ALVENARIA-CONVENCIONAL-EM-CASAS-POPULARES.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Aquecimento global: Uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.3 2008. . Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25404>>. Acesso em: 27 set. 2018.

MUELLER, Charles C.. O debate dos economistas sobre a sustentabilidade: uma avaliação sob a ótica da análise do processo produtivo de Georgescu-Roegen. **Estud. Econ.** [online]. 2005, vol.35, n.4, pp.687-713. ISSN 0101-4161. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-41612005000400004&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-41612005000400004&script=sci_abstract&lng=pt)> Acesso em: 26 set. 2018.

MUELLER, Charles C.. O debate dos economistas sobre a sustentabilidade: uma avaliação sob a ótica da análise do processo produtivo de Georgescu-Roegen. **Estud. Econ.** vol. 35 no4. São Paulo, oct./dec. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-41612005000400004&lng=en&nrm=iso&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612005000400004&lng=en&nrm=iso&lng=pt)>. Acesso em: 26 set. 2018.

OLIVEIRA, Aylson Costa et al. **RESFRIAMENTO ARTIFICIAL EM FORNOS RETANGULARES PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL.** Resfriamento artificial em fornos retangulares para a produção de carvão vegetal. **Rev. Árvore** [online]. 2015, vol.39, n.4, pp.769-778. ISSN 0100-6762. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0100-67622015000400769&lng=pt&nrm=iso&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-67622015000400769&lng=pt&nrm=iso&lng=pt)>. Acesso em: 04 set. 2018.

QUINTA-NOVA, L. C.. Análise do ciclo de vida.2014. Disponível em: <<https://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/2658>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

QUINTA-NOVA, L. C.. Análise do ciclo de vida. Palestra – Licenciatura em Engenharia das energias renováveis. Castelo Branco, dez 2014. Disponível em: <[https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/2658/1/Apresentacao\\_ACV\\_f.pdf](https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/2658/1/Apresentacao_ACV_f.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2018.

QUINTÃO, Rosana Santoro. Edificações sustentáveis e edifícios giratórios abordam um novo cenário na arquitetura contemporânea. **Especializa Revista** [online]. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://www.ipoggo.com.br/uploads/arquivos/25d9dfcf65c0d83e70302abfde8dc241.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

SANTORO, Jair Frederico; KRIPKA, Moacir. Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul. **Ambient. constr.** [online]. 2016, vol.16, n.2, pp.35-49. ISSN 1415-8876. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1678-86212016000200035&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1678-86212016000200035&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 04 set. 2018.

SidusCon-SP. Construcarta nível de atividades: Revisão do PIB. Emprego na construção brasileira cresceu 0,61% em agosto. **Sindicato da Construção Civil de São Paulo**, São Paulo, out 2018. Disponível em: <<https://www.sindusconsp.com.br/construcarta-nivel-de-atividades-a-revisao-do-pib>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

SILVA, Janaína Barbosa; PASQUALETTO, Antonio. Desenvolvimento sustentável sob a ótica dos pilares: ambiental social e economico. **Estudos**, Goiânia, v.41, especial, p.107-118, set. 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/izabe/Downloads/3727-10854-1-PB%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/izabe/Downloads/3727-10854-1-PB%20(3).pdf)> Acesso em: 26 set. 2018.

SILVA, Jefferson Dias. **Estudo sobre a viabilidade do sistema light steel frame em habitações sociais**: 2017. Disponível em: <<http://repositorio.pgsskroton.com.br/bitstream/123456789/16441/1/JEFFERSON%20DIA%20S%20DA%20SILVA.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2018.

TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energetic de edificações residenciais brasileiras**.2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89528/236520.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

TAKUSHI, Roberta. **Comparativo orçamentário entre composições de paredes estruturais para obras de repetição nos sistemas construtivos convencionais e em light steel frame na cidade de Porto Alegre**. 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/159615/001019474.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

XAVIER, Maria Emília Rehder; KERR, Américo Sansigolo. Análise do efeito estufa em textos para-didáticos e periódicos jornalísticos. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 21, n. 3: p. 325-349, São Paulo, dez. 2004. Disponível em: <<file:///C:/Users/izabe/Downloads/6423-19709-1-PB.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2018.

ZOCHE, Lidiana; SILVA, Luan Carlos Santos; PIEKARSKI, Cassiano Moro; TRAVESSINI, Rosana; DE FRANCISCO, Antonio Carlos; LUZ, Leila Mendes. Análise tecnológica de patentes relacionadas a avaliação do ciclo de vida (ACV): Um levantamento no banco nacional e internacional de patentes. **Espacios**, vol. 35 no2, Paraná, 2014. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a14v35n02/14350201.html>>. Acesso em: 17 nov. 2018.