

**IZABELLA FARIA PATRÍCIO**

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

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR**

**ANÁPOLIS / GO: 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

PATRÍCIO, IZABELLA FARIA

Análise comparativa das emissões de CO<sub>2</sub> entre edificações utilizando alvenaria convencional e alvenaria steel frame

71P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC – UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Construção

2. Mudanças Climáticas

3. Sustentabilidade

4. Análise do Ciclo de Vida

I. ENC/UNI

II. Bacharel (10<sup>o</sup>)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PATRÍCIO, Izabella Faria. Análise comparativa das emissões de CO<sub>2</sub> entre edificações de alvenaria convencional e alvenaria de steel frame. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO. 71p. 2019.

## CESSÃO DE DIREITOS

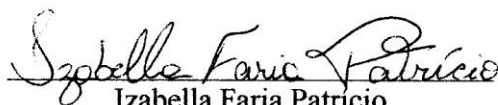
NOME DO AUTOR: Izabella Faria Patrício

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise comparativa das emissões de CO<sub>2</sub> entre edificações utilizando alvenaria convencional e alvenaria steel frame

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019/1

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Izabella Faria Patrício

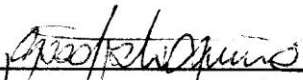
izabella\_faria@hotmail.com

**IZABELLA FARIA PATRÍCIO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS EMISSÕES DE CO2 ENTRE  
EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA CONVENCIONAL E  
ALVENARIA STEEL FRAME**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**JOÃO SILVEIRA-BELÉM JÚNIOR, Doutor (UniEVANGÉLICA)  
(ORIENTADOR)**

  
\_\_\_\_\_  
**WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, Mestra (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

  
\_\_\_\_\_  
**MARY HELLEN DA COSTA MONTEIRO, Mestra (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 29 de maio de 2019.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a meus pais porque sem eles eu nada seria e por todos os sacrifícios e lutas que tiveram e tem para me proporcionar o melhor sempre. Logo em seguida à Deus pois ele é a base da minha família e conseqüentemente a minha também. Agradeço por ter tido fé e coragem para trilhar meu caminho sem desistir e pela sabedoria de ser capaz de aprender a me adaptar para me tornar melhor.

Izabella Faria Patrício

## **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 será realizado a partir da Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE), para analisar os impactos gerados ao meio ambiente. Esta é baseada na Energia Embutida (EE) que calcula a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida, argumentado por Tavares (2006), Borba (2016) e Carminatti Júnior (2012), dos materiais essenciais usados na construção civil.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Construção. Mudanças Climáticas. Sustentabilidade. Análise do Ciclo de Vida. Materiais de Construção.

## **ABSTRACT**

The work in question has the objective of analyzing and comparing the carbon dioxide emissions, in the process of construction of the same model of residential unit in conventional masonry (ceramic block) and steel frame masonry.

The calculation was performed for the Energy Life Cycle Analysis (ACVE), to analyse the data generated in the environment. This is based on Embedded Energy (EE) that calculates the amount of CO<sub>2</sub> emitted, argued by Tavares (2006) and Borba (2016), of the materials used in construction.

### **KEYWORDS:**

Construction. Climate Changes. Sustainability. Life Cycle Analysis. Construction Materials.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de uma edificação em Light Steel Frame .....	17
Figura 2 – Estrutura de uma edificação em Wood Frame .....	18
Figura 3 – Casa construída de LSF.....	22
Figura 4 – Subsistemas do Lght Steel Frame .....	23
Figura 5 – Fundação tipo radier.....	25
Figura 6 – Fundação tipo sapata corrida.....	26
Figura 7 – Painel de Light Steel Frame .....	27
Figura 8 – Montagem Direta no canteiro da Obra.....	28
Figura 9 – Montagem prévia dos painéis de LSF .....	28
Figura 10 – Placa Cimentícia.....	29
Figura 11 – Placa Verde .....	29
Figura 12 – Placa Vermelha .....	30
Figura 13 – Placa Branca.....	30
Figura 14 – Estrutura da análise do Ciclo de Vida .....	40
Figura 15 – Planta Baixa da Residência utilizada .....	50
Figura 16 – Dimensões do Bloco Cerâmico .....	52
Figura 17 – Painel estrutural.....	52
Figura 18 – Materiais parar acabamento .....	53
Figura 19 – Painel não estrutural.....	53

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Relação entre espessura e aplicação da placa cimentícia .....	31
--	----



## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Participação Setorial da Construção Civil no Total de Emissões de CO2 no Brasil .....	48
Tabela 2 – Energia Embutida nos materiais da Construção .....	55
Tabela 3 – Consumo primário de energia por fontes em % MJ nos materiais de construção ..	55
Tabela 4 – Energia Embutida nos materiais da construção .....	56
Tabela 5 – Quantidade dos materiais e da Energia Embutida .....	59
Tabela 6 – Quantidade dos materiais e da Energia Embutida .....	61
Tabela 7 – Comparação entre os sistemas estudados .....	63
Tabela 8 – Comparativo de Energia Embutida por subsistema.....	64

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ACVE	Análise do Ciclo de Vida Energético
ATA	Ativos Técnicos Ambientais
CES	Construções Energéticas Sustentável
CO2	Dióxido de Carbono
CTE	Centro de Tecnologia de Edificação
EE	Energia Embutida
EUA	Estados Unidos da América
GANAP	Grupo de Apoio à Normalização
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IFIAS	International Federation of Institutes for Advanced Study
ISO	International Organization for Standardization
LSF	Light Steel Frame
MRI	Midwest Research Institut
NBR	Norma Brasileira
OSB	Oriented Strand Board
PEX	Polietileno Reticulado
PVC	Policloreto de Vinil
REPA	Resource and Environmental Profile and Analysis
RTE	Requisitos Totais de Energia
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SGA	Sistema de Gerenciamento Ambiental

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	<b>Objetivo Geral</b>	14
1.2.2	<b>Objetivos Específicos</b>	14
1.3	METODOLOGIA	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
2.1	SISTEMA CONSTRUTIVO STEEL FRAME	16
2.1.1	<b>Histórico</b>	18
2.1.2	<b>Características do Sistema</b>	20
2.1.3	<b>Normas Técnicas</b>	23
2.1.4	<b>Fundação</b>	24
2.1.5	<b>Estrutura</b>	26
2.1.6	<b>Lajes e Cobertura</b>	32
2.1.7	<b>Isolamento Termo Acústico</b>	32
2.1.8	<b>Instalações Elétricas e Hidráulicas</b>	33
2.2	SISTEMA CONSTRUTIVO BLOCO CERÂMICO	33
2.2.1	<b>Composição das Paredes</b>	34
2.2.2	<b>Bloco Cerâmico</b>	34
2.2.3	<b>Normas</b>	35
2.2.4	<b>Fundações, Pilares e Vigas</b>	35
2.2.5	<b>Forro</b>	36
2.2.6	<b>Instalações Hidrossanitárias e Elétricas</b>	36
2.3	ANÁLISE DO CICLO DE VIDA	37
2.3.1	<b>Normas</b>	37
2.3.2	<b>Histórico</b>	38
2.3.2.1	Definição de Objetivos e Escopo	40
2.3.2.2	Análise de Inventário	41
2.3.2.3	Avaliação de Impacto	41
2.3.2.4	Interpretação	41
2.3.3	<b>Aplicação na Construção Civil</b>	42

2.4	ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO.....	45
2.4.1	<b>Definições</b> .....	46
2.4.2	<b>Delimitações</b> .....	46
2.5	CONSTRUÇÃO CIVIL E EMISSÕES DE CO2.....	47
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>49</b>
3.1	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	49
3.2	MÉTODO DO TRABALHO .....	49
3.3	UNIDADE HABITACIONAL ADOTADA.....	50
3.3.1	<b>Paredes de Alvenaria Bloco Cerâmico</b> .....	51
3.3.2	<b>Paredes de <i>Steel Frame</i></b> .....	51
3.3.3	<b>Listagem das Fases e Atividades que estão sendo quantificadas</b> .....	54
3.3.4	<b>Listagem do Quantitativo de materiais e serviços</b> .....	54
3.3.4.1	Quantitativo da Alvenaria Convencional .....	59
3.3.4.2	Quantitativo da Alvenaria Steel Frame .....	61
3.4	RESULTADOS .....	63
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil existe para atender as necessidades básicas humanas. No entanto, nos primórdios da história do mundo não haviam preocupações com técnicas aprimoradas (CORRÊA, 2009). Porém a sua necessidade constante em transformação e aperfeiçoamento de meios construtivos gerou a necessidade de se pensar no meio ambiente (PAULSEN; SPOSTO, 2014).

Segundo Mueller (2007), em meados dos anos 60 começou-se a real preocupação com desenvolvimento sustentável, quando a escala da economia de alguns países ou regiões, estava gerando impactos preocupantes sobre o meio ambiente. Seu conceito foi difundido na Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987, através do documento *Our Common Future*, que definiu desenvolvimento sustentável, como aquele que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as próprias necessidades (CIB, 2000).

A concepção de sustentabilidade, de acordo com *National Strategies for Sustainable Development* (COELHO; SANTOS, 2014), surgiu depois de diversas discussões realizadas no início dos anos 70, seguindo uma série de publicações que destacam a exploração do meio ambiente pelo homem e a preocupação global quanto as limitações ambientais, uma das publicações chave foi o livro – *Primavera Silenciosa* – escrito pela bióloga marinha Raquel Carson em 1962, que provou as consequências geradas na cadeia alimentar e na saúde humana.

De acordo com Kalbusch (2016) tornar uma construção mais sustentável é fazer com que está polua menos agregando valor a esta, preservando no presente para que não se perca no futuro. O autor ainda complementa que a sustentabilidade é buscar uma estabilidade entre as barreiras do meio ambiente, a exigência da população e a efetividade financeira.

Mesmo com a clareza do conceito de sustentabilidade (que tem como objetivo, manter o equilíbrio entre o homem e a natureza), a humanidade não vem colocando este em prática. A Revista Brasileira de Climatologia, nos últimos 150 anos, a temperatura média global aumentou em cerca de 0,7°C. Esse aumento está sendo atribuído à intensificação do efeito-estufa. Logo o modelo de vida da população é culpada dos problemas ambientais do planeta, pois a falta de consciência de preservação do meio ambiente que poluem com lixo e desperdício de água e energia, de acordo com o relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) publicado em 2007.

Como a principal técnica executada na construção civil brasileira ainda está baseada na alvenaria tradicional. Porém com os avanços tecnológicos e as necessidades de maior agilidade construtiva, vê-se a necessidade de meios mais rápidos (SILVA,2017). Que sejam ao mesmo tempo menos abrasivos a natureza, pois a construção é responsável por cerca de 33% das emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera – Estudo realizado pela ATA (Ativos Técnicos Ambientais) em parceria com o CTE (Centro de Tecnologia de Edificações) – com isso a busca incessante por sustentabilidade.

Com a utilização de novas tecnologias, assim como o steel frame – que possui maior eficiência produtiva, redução dos impactos ambientais e menor desperdício (TAKUSHI, 2016) – pretende-se com a Análise do Ciclo de Vida (ACV) – baseadas na NBR ISO 14.040 e NBR ISO 14.044 (ABNT, 2009) – que é uma das melhores ferramentas de avaliação do desempenho dos materiais (BUILDING, 2013), que esta seja menor emissora de dióxido de carbono que a alvenaria convencional.

Porém a análise da emissões de uma edificação completa é muito complexa, pois envolve a ACV de uma grande quantidade de materiais e sistemas construtivos (VECHI, 2015). Logo surgiu a Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE), que considera a entrada das energias desde as etapas de pré-uso de uma edificação no seu ciclo de vida. E assim, será feito o comparativo dos impactos ambientais da alvenaria convencional e alvenaria steel frame.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

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).

## 1.2 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos geral e específico do presente trabalho.

### 1.2.1 Objetivo Geral

A pesquisa teve como objetivo geral analisar as emissões de CO<sub>2</sub> no processo executivo de alvenarias utilizando steel frame e bloco cerâmico.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Apresentar a melhor alternativa, quanto as emissões de CO<sub>2</sub>, em relação ao uso de diferentes alvenarias.

Realizar o estudo quantitativo das emissões de CO<sub>2</sub> na construção de um mesmo modelo de unidade residencial.

Realizar a análise comparativa das emissões de CO<sub>2</sub> com relação à alvenaria convencional e alvenaria steel frame utilizando como estudo de caso uma edificação residencial.

### 1.3 METODOLOGIA

A presente pesquisa tem como objetivo quantificar as emissões de CO<sub>2</sub>, que ocorrem na construção de uma mesma unidade residencial através da Análise do Ciclo de Vida. A quantificação foi feita tendo uma mesma base de materiais: aço, agregados, cal e cimento, e como diferencial: uma será com alvenaria convencional e outra com alvenaria steel frame.

A Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE) será utilizada como base para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> que é feita através da quantificação da Energia Embutida (EE) dos insumos da construção, levando em conta todas as fases de fabricação até sua utilização na obra (BORBA, 2016).

Com a obtenção dos dados quantitativos das emissões de dióxido de carbono, foi verificado se será possível a substituição de blocos cerâmicos por estrutura de steel frame.

Vale destacar que as unidades residenciais não serão realmente construídas e a avaliação terá como foco a etapa de pré-uso, sem avaliar as emissões que ocorreriam nas etapas de operação, manutenção e demolição. Itens como energia elétrica serão descartados por não haver estudos quantitativos das emissões de CO<sub>2</sub> destes possuem poucos dados para seu estudo.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A indústria da construção civil sofreu com a crise econômica Brasileira, em 2015, encolhendo 8,4 %, e de acordo com o Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo (Sinduscon-SP) em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), com base em informações do Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE), a queda em 2017 foi de 5,01% em relação a 2016, gerando o declínio de 125mil vagas.

Apesar da relevância crescimento econômico e social Brasileiro, a construção civil é causadora de uma enorme parte dos impactos gerados ao meio ambiente (FARIA et al., 2015). Logo, Jaloli e Torgal (2010) expõe que a a construção civil é causadora de 33% do CO2 emitido para a atmosfera e pela utilização de 60% das matérias primas existentes.

No entanto, é necessário encontrar tecnologias e materiais que tornem a construção uma atividade com menor desperdício e mais sustentável. Logo, melhorar a condição de vida do ser humano e diminuir o impacto gerado durante todo o processo construtivo (GUERRA; LOPES, 2015).

### 2.1 SISTEMA CONSTRUTIVO 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 (figura 1), 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.

Figura 1 - Estrutura de uma edificação em *Light Steel Frame*



Fonte: O BLOG DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAME, 2017

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 tramento desta; montagem da estrutura; fechamento externo; instalações elétricas e hidrosanitárias; isolamento termo acústico; fechamento das paredes internas; colocação da esquadrias; tratamento das áreas úmidas; acabento 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.

### 2.1.1 Histórico

A tecnologia *Framing* surgiu do sistema *Wood Frame* (figura 2) - que utiliza a madeira como elemento estrutural -, na época de 1830 o material era muito abundante e foi utilizado como solução construtiva de moradias para população que crescia rapidamente (CONSULSTEEL, 2002).

O *Wood Frame* é um método construtivo de edifícios de até cinco pavimentos, predominante nos Estados Unidos (VASQUES; PIZZO, 2015).

Figura 2 - Estrutura de uma edificação em *Wood Frame*



Fonte: GEWOON OVER GELD, 2012

De acordo com Vasques e Pizzo (2015) as residências em *Wood Frame* tem um excelente isolamento térmico, econômico e ao mesmo tempo possibilita construção de varios estilos arquitetônicos, desde tradicionais a futurísticos. “Após sua decadência na arquitetura monumental, a madeira cede lugar ao ferro, ao aço e ao concreto, e teve aplicação numa escala imensa na arquitetura vernácula americana, como resultado deste sistema” (FERNANDO; FIGUEIREDO, 2015, p. 12).

Segundo Bertoloni (2013) o sistema construtivo *Light Steel Frame* surgiu no século XX, mais especificadamente na década de 40 nos Estados Unidos, no contexto do pós-guerra, com o grande desenvolvimento da indústria do aço.

Com o crescimento da indústria americana do aço, começaram a fabricar produtos com maior resistência à corrosão e menor espessura, que o tornou vantajoso em relação a madeira pela maior eficiência estrutural (JARDIM; CAMPOS, entre 2004 e 2016).

De acordo com autores, no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, a necessidade de reconstrução de moradias para os desabrigados e a restrição do governo japonês do mercado da madeira (para proteção de recursos naturais do território), surgiu o LSF. Logo, com a situação, a indústria do aço iniciou a produção de soluções em perfis leves, para suprir as necessidades do país.

O *Light Steel Frame* ganhou força nos Estados Unidos após desastres naturais destruírem muitas edificações *Wood Frame* que causaram prejuízos enormes as seguradoras americanas e estas aumentaram as taxas para as construções *Wood Frame* e fortaleceram o mercado do sistema construtivo LSF (PRE FABRICADO STEEL FRAME, 2011).

No Brasil, a primeira edificação construída neste sistema começaram no final dos anos 90, era um condomínio de casas de alto padrão com materiais importados dos Estados Unidos. Em meados de 1998, na região Sul, a princípio em edificações de renda média e alta, contudo com o baixo custo final da obra, atualmente também é aplicado na construção de habitações populares (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

O brasileiro com sua “cultura do concreto” continua mantendo os sistemas construtivos convencionais (que utiliza basicamente concreto armado e alvenaria de blocos de vedação ou apenas alvenaria estrutural) como os mais utilizados, mesmo com o Brasil sendo um grande produtor de aço (ALVES, 2015). Esta cultura está enraizada na grande maioria dos profissionais da construção e juntamente com a falta de atualização de programas de ensinos dos cursos de arquitetura e engenharia.

Em 2005 o sistema foi normatizado pela NBR 15253 (ABNT, 2005) chamada “Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações”, esta norma apresenta as dimensões, massa e propriedades geométricas dos perfis de aço de séries comerciais mais usados no LSF.

Segundo Santiago, Rodrigues e Oliveira (2010), o sistema LSF ainda se encontra em fase de divulgação e aceitação da população, pois foi começado a ser implantada a pouco tempo no país. Mas em outros países como Canadá, Inglaterra e Estados Unidos, é utilizada desde a Revolução Industrial, no qual a indústria começou a intensificar a produção de aço formado a frio, categorizando sua resistência e baixo peso (SANTIAGO; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010).

As chapas de aço moldadas a frio (que apresentam individualidades específicas que geram a resistência indispensável para o emprego como material construtivo para cargas elevadas) são o produto principal para a produção dos perfis usados no sistema LSF (Gaspar

2013). Estes perfis são usados para erguer paredes de áreas externas e internas, lajes de cobertura e piso.

Os perfis de maior uso no *Light Steel Frame*, são os que apresentam seção transversal tipo “U” (simples), “L” e “Ue” (enrijecido) (SANTIGO; FREITAS; CASTRO, 2012). Em conexões se utiliza cantoneiras e em paredes sem função estrutural são usados perfis com espessura igual ou inferior 0,6mm (GASPAR, 2013).

De acordo com Gaspar (2013), a fabricação dos montantes ou perfis de secção Ue são feitos de maneira com que eles resistam as cargas da edificação, fazendo com que estes tenham função estrutural. Habitualmente na construção de *Light Steel Frame* são usados perfis Ue que possuem secções de 90, 150, 200 e 250 mm. Gaspar (2013), ainda complementa que os perfis de 90 e 150 mm são utilizados em paredes internas e externas, nessa ordem, ao passo que os de 200, 250 mm são empregados em na fabricação de lajes de piso e cobertura. Logo, Frasson e Bitencourt (2017) afirmam que tais modelos de perfis deve possuir espessura acima de 1,5 mm nos perfis de 90 e 150 mm, 2 mm em os perfis de 200 mm e 2,5 mm nos os perfis de 250 mm.

Nas guias ou perfis de secção U, que são empregados na ligação da extremidade dos perfis Ue para a formação dos painéis e não são feitos para aguentar cargas verticais, mas sim difundir os esforços horizontais (FRASSON & BITENCOURT, 2017). Os autores ainda afirmam que as espessuras de secção são superiores ás dos perfis Ue pois os montantes se encaixam nas guias. Já os perfis L ou cantoneiras possuem abas de mesmas dimenssões (geralmente de 50 a 100 mm, com espessura de 1,5 mm), estas são utilizadas para unir perfis paralelos e reforçar as diversas conexões (FRASSON & BITENCOURT, 2017).

### **2.1.2 Características do Sistema**

De acordo com Takushi (2016), os sistemas construtivos a seco, inclusive o LSF, são catalogados como Construções Energitérmica Sustentável (CES), palavra que expõe de maneira nítida as eminentes individualidades dessas edificações, como é explicado pela *LP Building Products* (2013, p. 3):

“Energitérmica: pelo ótimo desempenho térmico da edificação e pela economia de energia, tanto durante o processo construtivo, como após a ocupação do imóvel. Sustentável: devido ao uso de materiais ecológicos, como o OSB, que permite melhor eficiência energética do sistema, ótimo desempenho térmico e acústico, redução do desperdício de materiais, menor geração de resíduos (menos de 1%), redução de consumo de água e baixa emissão de CO2.” (TAKUSHI, 2016).

O LSF é um dos modelos de construção a seco, esses sistemas são altamente industrializados, o que garante alta velocidade de execução, dos vários componentes e subsistemas que agem de maneira simultânea na edificação (SANTIAGO, 2012, p. 12).

De acordo com Jardim e Campos (entre 2004 e 2016), em muitos casos ocorre baixa do custo da fundação, graças a uma das características chave do LSF, que é a atenuação da carga sobre esta, pois a estrutura metálica possui baixo peso diminuindo o requerimento na estrutura. Porém, pela leveza dos perfis não se pode chegar a alturas elevadas, como nas alvenarias tradicionais, possibilita a elaboração de obras tendo até sete andares, mas o mais habitual são edificações térreas (CICHINELLI, 2014).

Com a grande competitividade do Mercado da construção civil, as empresas são obrigadas a buscar alternativas para otimizar os custos e a produção (BERTOLINI, 2013). Logo Bertolini (2013) cita que a construção a seco é uma saída para a otimização de certos pormenores da construção tradicional brasileira.

De acordo com Villarinho (2009) a construção a seco recebe esse nome, por nunca ou quase nunca precisar de água em sua execução, com pouca acumulação de entulho (com quase zero de desperdício), tendo uma obra mais limpa.

Logo, Frasson e Bitencourt (2017), afirmam que esta é constituída por subsistemas, que são: fundação (normalmente radier ou sapata corrida), isolamento térmico e acústico (aplicação de lã de vidro ou pedra), instalações hidrossanitárias e elétricas, fechamento externo em placas cimentícias, fechamento interno em placas de gesso acartonado (drywall, verde ou vermelha) com tratamento de junta. Conseqüentemente a maioria dos materiais não utilize água por isso é conhecida como construção a seco e os perfis de aço tem tratamento anticorrosivo.

Algumas dos principais benefícios da construção a seco, segundo Bertolini (2013): reduz os desperdícios da obra; rápida execução; diminui o peso da estrutura, gerando alívio na construção e na fundação; ganho de espaço interno, pela menor espessura da parede; atenuação de custos, pois a mão de obra é mais produtiva e utiliza menor quantidade de material.

Por conseguinte, construções que utilizam o método de construção a seco possuem o canteiro de obra com maior eficiência na mobilidade, na execução e na diminuição dos desperdícios. Porém, tais características só se tornam possíveis através do planejamento e detalhamento dos projetos, conseqüentemente evitando o aparecimento de patologias.

No sistema *Light Steel Frame*, a estrutura é fechada pelas placas de fechamento (figura 3), tendo como produto final uma obra muito semelhante a construção tradicional

(SANTIAGO, 2012, p. 16). Logo, está possibilita que múltiplos tipos de cobertura e revestimentos sejam aplicados, desde que atendam a Norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).

Figura 3 - Casa construída em LSF

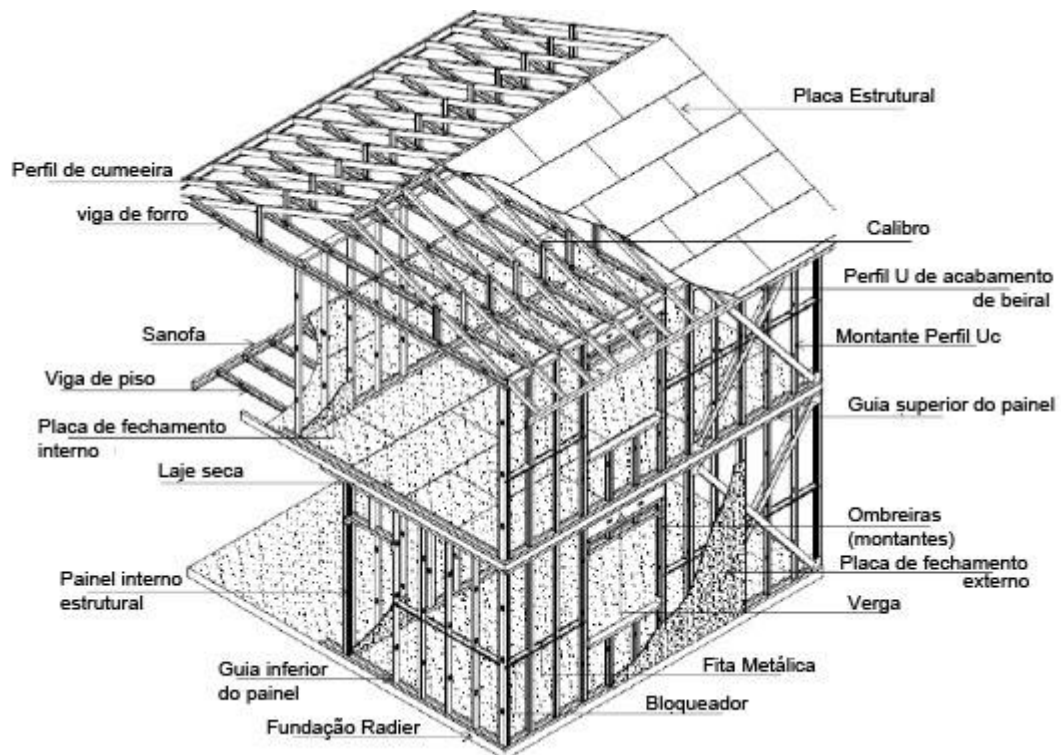


Fonte: PORTAL MET@LICA, 2013

“De acordo com Gaspar (2013), para entender como o sistema de LSF funciona é preciso saber quais são os elementos que o constituem:

- **Bloqueador:** Perfil utilizado para travamento lateral de montantes e vigas;
- **Perfil U:** Perfil usado na base e topo dos painéis de parede e no encabeçamento de vigas;
- **Fita Metálica:** Fita de aço galvanizado usada para o contraventamento de painéis e vigas;
- **Lintel:** Perfis usados, na horizontal, sobre as aberturas dos painéis para suportar a estrutura;
- **Montante:** Perfil vertical usado na constituição dos painéis de parede;
- **Viga:** Perfis usados nas lajes de piso e coberturas planas;
- **Revestimento Estrutural de Fechamento Externo:** Placa estrutural de revestimento externo do edifício;
- **Revestimento de Fechamento Interno:** Placa usada para revestir os painéis do interior do edifício.” (FRASSON; BITENCOURT, 2017).



Figura 4 - Subsistemas do *Light Steel Frame*

Fonte: PORTAL MET@LICA, 2006

### 2.1.3 Normas Técnicas

O Brasil possui apenas normas para os componentes de aço, que segue as subsequentes:

- NBR 14762 - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2010;
- NBR 6355 - Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio: Padronização. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2012;
- NBR 15253 - Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações. Requisitos Gerais. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2014;
- DIRETRIZ SINAT Nº 003: Sistemas Construtivos Estruturados em Perfis Leves de Aço Zincado Conformados a Frio, com Fechamentos em Chapas Delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”). Sistema Nacional de Avaliações Técnicas, Brasília, 2016.



Do mesmo modo existem as normas estruturais para todos os sistemas de construção, que expressam as pequenas exigências para segurança da edificação:

- NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2017;
- NBR 6123 - Forças Devidas ao Vento em Edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2013.

Por conseguinte as normas dos revestimentos:

- NBR 14715 - Chapas de Gesso Acartonado – Requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2010;
- NBR 14717 - Chapas de Gesso Acartonado - Determinação das Características Físicas Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2001;
- NBR 15498 - Placa Plana Cimentícia sem Amianto - Requisitos e Métodos de Ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2018.
- NBR 15575-4 - Edificações habitacionais - Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2013;

#### **2.1.4 Fundação**

A estrutura do LSF possui uma estrutura mais leve, cerca de 20% abaixo do peso estrutural de outros sistemas construtivos (CAMPOS, 2014). Prudêncio (2013) complementa que, o baixo peso reivindica menos da fundação. Dessa forma, normalmente sua fundação é mais econômica (TAKUSHI, 2016).

Segundo Frasson e Bitencourt (2017) por as cargas de a estrutura ser linear ao longo da fundação, os tipos de fundação mais usados são rasas ou superficiais. Porém a escolha da fundação além da tipologia depende, primeiramente, das características do solo. Logo, Crasto (2015) preenche que as mais indicadas são do tipo radier ou sapata corrida.

Facco (2014) expõe que radier (figura 5) é um tipo de fundação superficial feita de concreto, que fraciona todo peso da construção de modo homogênea no solo. Porém não é indicado para solos acidentados. De acordo, com Santiago (2012) este tipo de fundação

refere-se a um piso de concreto maciço e contínuo, que deve apresentar um contrapiso, com altura maior ou igual a 15 cm, acima do nível do terreno para evitar infiltrações de água. Prudêncio (2013) enfatiza que se deve ter uma inclinação de no mínimo 1%, para garagens, calçadas e terraços para o escoamento da água.

Figura 5 - Fundação tipo radier



Fonte: SUA OBRA, 2002

A sapata corrida (figura 6) é uma fundação superficial contínua, feita de concreto armado, feita de modo que a armadura que resista às tensões de tração geradas pela estrutura e não o concreto (PRUDÊNCIO, 2013). Pode possuir espessura constante ou variável, sendo sua base em planta normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a, p. 2).

Após a finalização da fundação é indispensável a fixação dos perfis, de aço galvanizado, da estrutura nesta, a fim de que ela se desloque juntamente com a estrutura da fundação (CONSULSTEEL, 2002). Logo deve-se saber todos os esforços da estrutura para escolher o tipo de ancoragem mais eficaz.

### 2.1.5 Estrutura

A estrutura do sistema LSF é composta por perfis de aço leve, galvanizado, formados a frio, com espessuras entre 0,8 a 3,0mm (SOUSA; MARTINS, 2009). Ainda segundo o autor, a estrutura é híbrida formada por perfis de aço e placas cimentícias e/ou gesso para cobrir a estrutura de aço. Conseqüentemente formando painéis estruturais e não estruturais.

Figura 6 - Fundação tipo sapata corrida



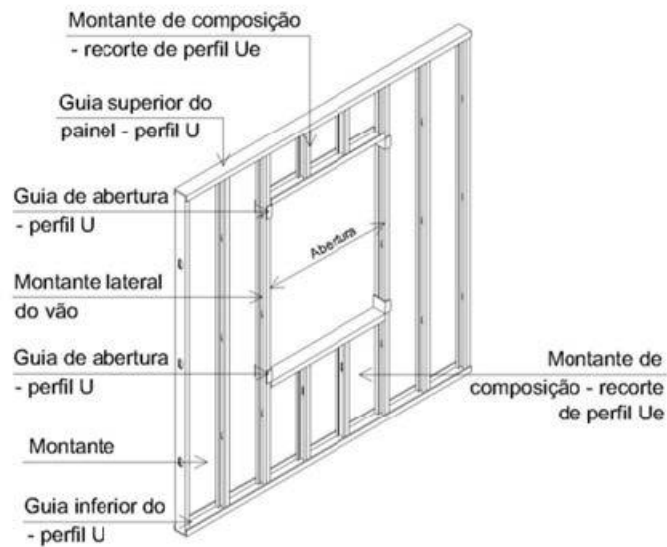
Fonte: ENGENHARIA AO CUBO, 2016

Os perfis “Ue” - enrijecidos - são denominados de “montantes” e os perfis “U” - simples – de “guias” (LP BUILDING PRODUCTS, 2013). De acordo com Freitas e Castro (2006), os painéis autoportantes absorvem as cargas da estrutura para afundação.

Os painéis estruturais são compostos por montantes, que apresentam distância de 40 cm e 60 cm entre si (FREITAS; CASTRO, 2006). Logo esse espaçamento deve ser determinado através dos cálculos do projeto estrutural. Porém Santiago (2012) afirma que existem alguns casos em que essa distância pode chegar a 20 cm para suportar cargas elevadas.

Lourenço (2014) afirma que a espessura mais empregada para paredes não estruturais é de 0,95 mm. As guias fixam os montantes em cima e em baixo, estabelecendo o quadro estrutural. De acordo com Crasto (2005), a largura da guia define o espessura da parede e o montante define o espaçamento e a altura. Esquema de identificação dos elementos dos painéis (figura 7)

A forma como o sistema é formado concede aos painéis de LSF que atuem juntamente entre si gerando travamento na estrutura (TERNI; SANTIAGO; PIANHEIRO, 2008). Crasto (2005) completa que para garantir a resistência horizontal, são utilizados perfis de aço em forma de “K” ou “X”, fixados por parafusos perfurantes galvanizados, entre os montantes, pois estes não são capazes de resistir a tais esforços.

Figura 7 - Painel de *Light Steel Frame*

Fonte: TANGENT ESCALA, 2010

Esse tipo de travamento horizontal é conhecido como efeito diafragma, em painéis de parede ele também pode ser feito através de placas estruturais de OSB (Oriented Strand Board), pois possui propriedades mecânicas que geram a eficiência necessária para resistência horizontal (RODRIGUES & CALDAS, 2016). Porém por não possuir normatização, o desempenho estrutural das placas OSB, deve ser garantido e informado pelo fabricante.

A Norma ISO 6441 (ABNT, 1984) define os componentes e requisitos que devem ser atendidos para, a segurança ao fogo e estrutural, visual e termo acústica, durabilidade, uso, higiene e economia.

Segundo Lima (2008), a montagem do sistema pode ser feita de maneira direta (figura 8) no canteiro de obra ou de maneira prévia no galpão da Construtora (figura 9), de forma que os painéis já chegam prontos e identificados na obra, para serem apenas fixados. Logo Campos (2012) complementa que a compra dos painéis prontos diminui o custo da mão de obra e acelera a construção.

O sistema de fechamento deve ser decidido a partir das necessidades as quais ele deverá atender, se será fechamento externo (placa cimentícia – figura 10), área molhada – como banheiro e cozinha – (placa verde – figura 11), área que devem suportar altas temperaturas (placa vermelha – figura 12) ou apenas fechamento interno ou forro (placa branca - 13) (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008). A figura 10 é destinada a exemplificação dos tipos de placas.

Figura 8 - Montagem do LSF no canteiro da obra



Fonte: MONTALAG, 2012

Figura 9 - Montagem prévia dos painéis de LSF



Fonte: TANGENT ESCALA, 2014



Figura 10 - Placa Cimentícia



Fonte: LIGHT STEEL FRAME – VEDAÇÕES, 2006

Figura 11 - Placa Verde



Fonte: AECWEB, 2015

Figura 12 - Placa Vermelha



Fonte: HGF, 2015

Figura 13 - Placa Branca



Fonte:GASPAR GESSO, 2016

Segundo Prudêncio (2013), as placas OSB devem receber um acabamento impermeabilizante quando aplicado em áreas externas, este acabamento é feito através de uma manta de polietileno de alta densidade que deve cobrir toda superfície das placas expostas a área externa, e depois o revestimento final.

De acordo com Facco (2014), as placas cimentícia são confeccionadas a partir da combinação de fios sintéticos de polipropileno, cimento Portland e agregados naturais de celulares e depois recebem um tratamento superficial para obter maior resistência e impermeabilidade. Poças (2014) complementa que, elas possuem grandes vantagens, pois são leves, imcombustíveis, possuem resistência mecânica e podem ser utilizadaa desde pisos a áreas expostas às intempéries.

Logo, Poças (2014) ainda expõe, que as placas cimentícias tem largura padrão de 1,20m e comprimento de 2m, 2,4m e 3m, espessura variável conforme a função e aplicação, de acordo com o Quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Relação entre espessura e aplicação da placa cimentícias

Espessura da Placa	Aplicação Usual
6mm	Divisórias leves e paredes secas internas, onde não existam aplicações de cargas suportadas diretamente pela placa.
8mm	Divisórias leves e paredes internas e externas, em áreas secas e úmidas, podendo existir aplicações de cargas suportadas pela placa.
10mm	Utilizadas para áreas secas e molhadas, internas ou externas. Ideal para paredes estruturais, melhorando a resistência contra impactos, aplicações de carga e isolamentos termo acústicos.

Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012 *apud* Prudêncio, 2013)

De acordo com Frasson e Bitencourt (2017) as placas de gesso acartonado são classificadas de acordo com a Norma Brasileira 14715 (ABNT, 2001) em três tipos de aplicação, que são: standard que é caracterizada pela coloração esbranquiçada e é indicada para locais secos (forro, parede ou revestimento); resistente ao fogo que é caracterizada pela coloração avermelhada e é usada em locais secos (forro, parede ou revestimento); resistente à umidade que é caracterizada pela coloração esverdeada e é usada em áreas úmidas (revestimento, forro ou parede).

De acordo com Facco (2014) as placas de gesso acartonado possuem revestimento, de ambos os lados, por abundantes camadas de papel, para que a placa resista a flexão gerada pela tração.



### 2.1.6 Cobertura e Laje

Segundo Gaspar (2013) as lajes possuem o mesmo conceito dos painéis das paredes, porém com maior dimensão. Santiago (2012) conclui que esse tipo de modulação é conhecida com *in-line framing*, que consiste em uma estrutura alinhada que assegura que prevaleça as cargas axiais nos elementos estruturais.

As lajes podem ser de dois tipos: seca, que recebe que recebe placas OSB ou cimentícia; ou úmida, que possui uma chapa de aço parafusada as vigas e em seguida recebe concreto armado (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

A cobertura tem função de preservar a edificação das ações externas, tão logo, ela independe da tipologia da construção e pode ser inclinada ou plana (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012). Segundo Facco (2014) para a escolha do tipo de cobertura deve-se levar em conta: a distância do vão, a estética arquitetônica, as cargas e a economia.

No sistema LSF o telhado asfáltico é o mais indicado, pois possui peso cerca de 80% do peso de telhas cerâmicas. Elas são feitas a partir de uma manta de fibra de vidro com agregados cerâmicos ou minerais – que modificam sua coloração – e grânulos asfálticos (CAMPOS, 2014).

Porém a solução mais comum é a treliça inclinada – que segue os parâmetros das coberturas das construções convencionais -, elas se adequam a cada tipo de projeto podendo possuir varias conformações para impedir as ações e as flechas de cada projeto (FERREIRA, 2016).

### 2.1.7 Isolamento Termo Acústico

Magalhães (2013) afirma que o desempenho termo acústico do LSF, se seguido a risca, é maior que das estruturas convencionais, pois é feito de a partir de multicamadas – placa de acabamento, vedação externas afastadas e o preenchimento entre placas é feito com lã de vidro ou rocha (que possui função isolante) – diminuindo a propagação da temperatura e do sons no ambiente.

De acordo com Way e Couchman (2008) o comportamento acústico detectado nas paredes de LSF é encontrado em diversas conformações é classificado, pela NBR 15575-4: 2013, superior a 45dB podendo chegar até 60dB. Logo, Santiago (2012) complementa que geralmente os elevada absorção acústica são fibrosos ou porosos que faz com que haja diminuição na energia sonora, pois esta é convertida em energia térmica. Mas a competência

térmica é decorrente da densidade do material utilizado, pois esta determina a capacidade de transportar maior ou menor quantidade de calor por período de tempo (TAKUSHI, 2016).

### **2.1.8 Instalações Elétricas e Hidráulicas**

Segundo Chichinelli (2012) as instalações elétrica e hidráulicas da construção em *Light Steel Frame* possui maior velocidade, pois a passagem dos tubos hidráulicos e das mangueiras elétricas ser feita em espaços vazios, e após a estrutura já estar pronta.

Os canos das instalações hidrossanitárias são fixados juntamente com os montantes de aço, antes da aplicação da placa interna de vedação, de acordo com o projeto (FACCO, 2014).

O tipo de tubulação mais indicado e utilizado é o tipo PEX – polietileno reticulado, pois têm alta flexibilidade, o que facilita o manuseio e conseqüentemente a fixação. Logo, Facco (2012) conclui que a facilidade na manipulação destes e a vantagem de não ter que quebrar paredes se houver algum erro, mas sim, apenas desparafusar e fixar no local correto e refazer o tratamento de junta no local, agiliza muito o processo construtivo e garante a qualidade do serviço.

## **2.2 SISTEMA CONSTRUTIVO BLOCO CERÂMICO**

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).

### **2.2.1 Composição das Paredes**

O sistema construtivo tradicional é composto por blocos estruturais assentados, lado a lado e uns sobre os outros presos por argamassa, isso gera um sistema que aguenta cargas verticais e horizontais e desempenha função de vedação e base estrutural (Pastro, 2007).

Tal sistema pode ser aprimorado pela utilização de pilares e vigas de concreto armado, o que gera auxílio a estrutura.

De acordo com a NBR 8545 (ABNT, 1984) que a distância mínima entre a alvenaria e a armadura é de 3cm. o período mínimo para efetuar o encunhamento é de 7 dias depois do assentamento em estruturas térreas e somente depois da execução do andar subsequente, para estrutura com múltiplos pavimentos, permitindo que a estrutura se acomode com o carregamento (TAKUSHI, 2016)

O concreto tem a finalidade de resistir a compressão, o aço a tração e esforços cisalhantes e cortantes, conseqüentemente ambos juntos, geram o concreto armado, que é excelente para a construção (ARAÚJO; FREITAS; RODRIGUES, 2006).

### **2.2.2 Bloco Cerâmico**

O bloco cerâmico é feito através da prensagem de materiais argilosos (BORBA, 2016). De acordo com Crivelaro e Pinheiro (2016) a argila é uma mistura de silicato de alumínio, sílica, óxidos ferrosos, sendo capaz de ser calcária ou não e é matéria fundamental para a produção de tais blocos.

Na indústria cerâmica se emprega material natural, que se forma mediante a degradação das rochas ígneas pela ação do intemperismo (CRIVELARO; PINHEIRO, 2016).

Logo o autor complementa que para o alcance do objeto terminal da cerâmica vermelha, acontece várias etapas.

A fase mais relevante da fabricação do bloco cerâmico é a queima, visto que é nessa etapa que o artefato chega as particularidades almejadas (CRIVELATO; PINHEIRO, 2016). Logo, como a queima é feita através da combustão da madeira, é nessa etapa que há imensa parcela do lançamento de gases na superfície terrestre (BORBA, 2016).

De acordo com Lopes (2012) a indústria cerâmica vem buscando novos materiais para diminuir os impactos ambientais que causa, usando gás natural, madeira de reflorestamento e reutilizando os resíduos sólidos na massa cerâmica.

### **2.2.3 Normas**

NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2014.

NBR 15270:1 – Componentes Cerâmicos: Parte 1 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria de vedação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2005.

NBR 7171 – Bloco Cerâmico para Alvenaria. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2001;

### **2.2.4 Fundações, Pilares e Vigas**

A função da fundação é irradiar as as cargas da edificação para o terreno (YAZIGI, 2002). O autor complementa que, existem fundações rasas e profundas, as rasas – sapatas simples ou associadas, blocos, vigas de fundação e radiers - fazem a distribuição do peso através do compartilhamento da pressão sob a base da fundação.

De acordo com a NBR 6118: 2014, “os pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Eles tem função de transmitir as cargas de compressão que atuam sobre ele para a fundação e atuam também como sistema de contraventamento gerando estabilidade na estrutura (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

Vigas são como barras dispostas na horizontal, com dimensão no mínimo três vezes maior que a sua seção transversal, com encargo de adquirir as cargas da laje e demais vigas e passar para os pilares (MIRANDA; ZAMBONI, 2016). De acordo com a NBR-6118: 2014, vigas são elementos lineares em que a flexão é preponderante.

### 2.2.5 Forro

O forro assim como no *Light Steel Frame* tem função de acabamento e isolamento térmico e acústico (MIRANDA; ZAMBONI, 2016). Ainda segundo o autor, esta pode ser feita de gesso, madeira, PVC, metal entre outros, e para sua escolha depende do projeto.

A finalidade do forro está diretamente relacionada ao conforto acústico e térmico, tão logo como a estética superior interna da edificação (YAZIGI, 2002).

Em casas populares o caso mais comum é o uso de forros de PVC ou madeira (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

Os forros de madeira são fixados por pregos em uma armação denominada de entarugamento, que é feita de ripas separadas entre si a cada 50cm, com fixação superior ou lateral (MILITO, 2009).

Já os forros de PVC, de acordo com Yazigi (2002), tem estrutura feita de aço e normalmente é comercializado em placas flexíveis ou rígidas, tem vantagem de ser bem mais leve e acabamento mais simples e de maior qualidade do que os forros de madeira.

### 2.2.6 Instalações Hidrossanitárias e Elétricas

De acordo com Miranda e Zamboni (2016), as instalações elétrica, hidráulicas, sanitária e telefônica da construção são feitas após a finalização de toda alvenaria de vedação, através de rasgos feitos nas paredes com o propósito de encrustar a tubulação nela, protegendo a tubulação contra agentes externos e pela estética.

A determinação dos locais de passagem das tubulações é definida em projeto. Os canos hidráulicos tem função de abastecimento de água potável da edificação (BORGES, 1996). As instalações sanitárias são feitas para a saída de desejos e águas já utilizadas na edificação (CHAVES, 1969). Ainda segundo o autor, esta tubulação deve ser ligada diretamente a rede de tratamento de esgoto ou fossa séptica, se esta não houver.

Logo Yazigi (2002) conclui que instalações hidrossanitárias são feitas através de canos de PVC, por sua alta duração, baixo custo e facilidade no manuseio e instalação.

As instalações elétricas são dimensionadas de acordo com a necessidade da edificação, assegurando a alimentação de todos os pontos elétricos almejados (YAZIGI, 2002). A energia entra na edificação através do disjuntor, que além de alimentar também protege os circuitos de danificações internas e externas (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

## 2.3 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.

### 2.3.1 Normas

O Brasil ainda não possui normas que regulamentem a Análise do Ciclo de Vida. Porém em 1993 foi criado o primeiro Código de Práticas sustentáveis, pela Sociedade Internacional para a Química e Toxicologia Ambiental (SETAC que vem do inglês, da abreviação de *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) (BORBA, 2016).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997), tal código foi adotado e padronizado pela Organização Internacional para Padronização (ISO, que vem do inglês, da abreviação de *International Organization for Standardization*) que criou uma série de normas ISO 14.040. Que serão apresentadas a seguir:

- ISO 14.040: 2006 Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework

- ISO 14.041: 2004 Environmental management – Life Cycle Assessmente – Goal and scope definition and inventory analysis
- ISO 14.042: 2003 Environmental management – Life Cycle Assessmente – Life cycle impact Assessmente
- ISO 14.043: 2000 Environmental management – Life Cycle Assessmente – Life cycle Interpretation
- ISO 14.044: 2006 Environmental management – Life Cycle Assessmente – Requirements and guidelines
- ISO/TR 14.049: 2000 Environmental management – Life Cycle Assessmente – Examples of application of ISO 14.041 to goal and scope definition and inventory analysis
- ISO/TR 14.047: 2013 Environmental management – Life Cycle Assessmente – Examples of application of ISO 14.042

Para tornar mais clara e retirar alguns erros, em 2006 a ISO disponibilizou a nova edição (RISSATO, 2012).

De acordo com Borba (2016) a SETAC segue estabelecendo sociedades e gerando trabalhos que coloquem em ação a essência do Ciclo de Vida gerando uma melhora dos meios de embasamento, com a conquista de informações dos impactos gerados ao meio ambiente recentemente.

### **2.3.2 Histórico**

Borba (2016) aponta que a primogenita na realização dos estudos sobre Análise do Ciclo de Vida foi, em 1969 nos Estados Unidos, pela Coca Cola, pelo *Midwest Research Institut* (MRI), com o intuito de determinar os gases tóxicos produzidos na fabricação das embalagens das garrafas plásticas descartáveis e as de vidro retornável, estas emitem cerca de 53 tipos de gases.

Conforme Baumann e Tillman (2004), nos EUA o estudo das emissões e do dimensionamento da utilização de recursos naturais, tornou-se popular como *Resource and Environmental Profile and Analysis* (REPA) – que ganhou popularidade com a dúvida da disponibilidade de recursos, através da crise do Petróleo.

Na década de 70, foi feito um estudo, por países industrializados, para que fosse quantificada a capacidade de utilização dos recursos naturais da terra (BORBA, 2016). Na década de 80 foram publicados alguns estudos sobre a ACV, já que até então haviam poucas informações sobre o assunto (CHRISTIANSEN, 1996).

Logo com a falta de um modelo a ser seguido pelas Instituições, tal método foi pouco empregado pelo alto custo (KULAY, 2004). Porém, com o agravamento das consequências ambientais e do aumento da temperatura média da superfície terrestre multiplicou-se a busca pela evolução de sustentabilidade.

De acordo com Borba (2016) o conceito primordial de desenvolvimento sustentável foi feita no Brundtland Report que, afirmou que tal conceito deve satisfazer as necessidades da presente sociedade sem prejudicar as próximas gerações.

Em 1993, com a elaboração do Grupo de Apoio à Normalização (GANA) juntamente com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), começou o estudo da Análise do Ciclo de Vida no Brasil (BORBA,2016). Após 5 anos de estudos um dos membros publicou os primeiros resultados obtidos (MAZUR, 2011).

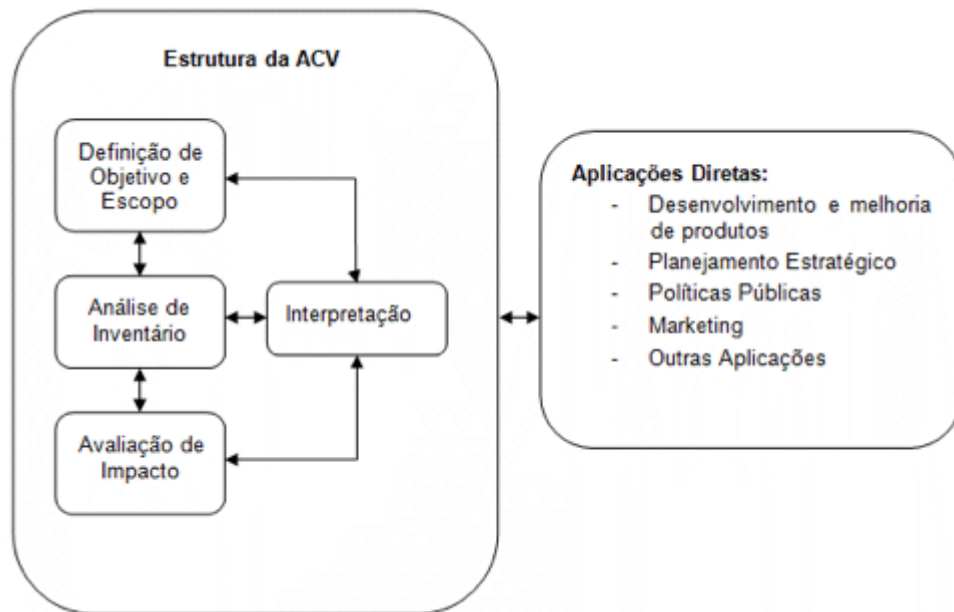
Tal publicação tornou-se famosa como Análise do Ciclo de Vida (ACV), e virou um utensílio gerencial da ISO 14.000 (CHEHEBE, 1998). Logo em novembro do ano 2000 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) fez a tradução e divulgou a Norma 14.040 e com esta publicação surgiu um interesse das empresas brasileiras para com a ACV, para que pudessem fazer a avaliação dos processos de produção tendo ênfase ambiental (RISSATO, 2012). Posteriormente foi feita a Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV), que tinha como propósito disseminar a indispensabilidade de desenvolver e utilizar a ACV em todo território brasileiro, para que fosse possível a criação de um inventário nacional (KULAY, 2004). Nos dias atuais as instituições, pesquisadores e as empresas brasileiras viram a grande relevância da ACV, e a importância de desenvolver novas análises (BORBA, 2016).

Logo, de acordo com Campos (2012) a ISO 14.040 (ABNT, 2009), delimitou quatro etapas para o estudo da Análise do Ciclo de Vida, apresentados na figura 14.

Logo a Análise do Ciclo de Vida é um conceito que abrange a inserção de qualidade ambiental, qualidade tecnológica do produto e valor agregado, e com está inserida no Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) facilita na determinação das etapas da ACV (TAVARES, 2006).



Figura 14 - Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida



Fonte: Norma ABNT NBR ISO 14.040, 2009

### 2.3.2.1 Definição de Objetivo e Escopo

A norma ISO 14.041 (ISO, 1998) afirma que a Análise do Ciclo de Vida precisa ser coerente com o objetivo a ser alcançado e clara para fácil entendimento e realização, e expor onde serão encontrados os resultados da pesquisa (TAVARES, 2006).

A norma ISO 14.040 (ABNT, 2009), ainda complementa que o escopo estando bem definido assegurará a extensão, profundidade e grau de detalhamento do caso (BORBA, 2016).

No Escopo uma das partes mais relevantes são os mecanismos de aplicação fundamentais, visto que é por meio deles que irão atentar a metodologia usada, as fluências de energia, insumos, emissões gasosas para o meio ambiente e consequentemente os impactos ambientais gerados (RISSATO, 2012).

Logo, o escopo determina as limitações do produto para a ACV, sendo subdividido em: etapas significativas de entrada recursos e de saída de resíduos e emissões (AUGUSTIN; CUNHA, 2014).

Segundo Tavares (2006), estas etapas estão ligadas, ou seja, o fluxode transformação do produto define a relação dos resíduos formados e emitidos ao meio ambiente. O autor ainda completa que, a ACV é um estudo que visa comparar o comportamento do ambiente no

intervalo dos procedimentos, achando meios para que possa haver trocas afim de amenizar os impactos gerados por tais processos.

#### 2.3.2.2 Análise de Inventário

Nessa fase, o objetivo é a quantificação das emissões ligadas a todo o ciclo de vida da utilização de recursos primários e secundários, definidos anteriormente (TAVARES, 2006).

Logo com toda a metodologia definida, Setac (1991) e Guinée (1993) afirmam que, deve-se fazer a arrecadação das informações e anotação destas para delimitação de uma Análise do Ciclo de Vida.

O inventário deve ser organizado de acordo com o escopo. Tavares (2006) afirma que um inventário bem formulado detecta os prevacentes impactos gerados em cada etapa do ciclo de vida.

#### 2.3.2.3 Avaliação de Impacto

Nesta etapa se desenvolvem os parâmetros dos riscos e impactos gerados ao meio ambiente, após serem detectados com o estudo do inventário. De acordo com Tavares (2006), a avaliação de impactos tem o objetivo de pautar de forma quantitativa ou qualitativa de processos que eventualmente são complicados de ser medidos.

A concessão de valores para quantificar as repercussões dos impactos ao meio ambiente analisados é em sua maioria subjetiva, porque abrange princípios culturais, éticos e políticos (BORBA, 2016). Tavares complementa que se o objetivo for comparativo as ACVs devem utilizar a mesma metodologia para que seja possível o análise e discussão para obtenção de resultados.

#### 2.3.2.4 Interpretação

Nesta etapa, o objetivo é a busca por soluções para o escopo, encontrando soluções que diminuam o consumo de recursos naturais e de resíduos ao meio ambiente (TAVARES, 2006).

Além da capacidade de avanço na performance ambiental nas posições primárias (que é a natureza), e conseqüentemente a interpretação deixa sugestões para pesquisas futuras

(FERREIRA,2004). Ainda segundo o autor também existe a viabilidade de reformulação da metodologia e inventário gerando a possibilidade de hesitação dos resultados.

Conseqüentemente com os resultados da Análise do Ciclo de Vida, publica-se um relatório apresentando todos elementose tapas abordadas anteriormente com o objetivo de validar tais dados (CHAVES, 2014). Logo Tavares (2006) complementa que podem ser elaborados outros relatórios para expor uma sinopse da metodologia usada e sua interpretação.

### **2.3.3 Aplicações na Construção Civil**

O objetivo da ACV é o reconhecimento possibilidades de evolução do uso de recursos naturais – em todos os suas modificações - afim de diminuir os impactos e resíduos gerados a biosfera (SEA et al., 2015). Logo, de acordo com Costa et al. (2014) a construção civil, por ser uma das maiores emissoras de gases e utilizadoras de recursos naturais, vem adotando a ACV para tentar diminuir os impactos ao meio ambiente.

Segundo Ferreira (2004) a ACV na esfera da construção civil possui barreiras, pois é altamente complicado a adquirir noções e suporte referencial apropriados dos materiais construtivos. Conseqüentemente gerando um incentivo a promoção de novas pesquisas que auxiliem na fabricação de novos dados, para análises futuras.

Conseqüentemente o uso da Análise do Ciclo de Vida em alguns pontos da construção civil (BORBA, 2016):

- Pesquisa: Análise do Ciclo de Vida de produto cerâmicos da indústria de construção civil, realizada por Breitenbach (2002), com o objetido de realizar de um diagnóstico de impactos ambientais, através da análise do ciclo de vida de produtos cerâmicos: materiais estruturais e de revestimento;
- Pesquisa: Análise ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos: aplicação de avaliação de ciclo de vidas, realizada por Perreira (2004), com o objetivo de realizar da análise do ciclo de vida em dois processos de produção de pisos cerâmicos;
- Pesquisa: Indicadores de sustentabilidade e análise do ciclo de vida para madeira de reflorestamento na construção civil, realizada por Dermargo e Porto (2007), com o objetivo de pesquisar indicadores de sustentabilidade do uso da madeira de reflorestamento na construção civil, baseado no método ACV;

- Pesquisa: Avaliação do ciclo de vida de um sistema de cobertura alternativo em madeira de Pinus mais sustentável para habitação social. Caso assentamento rural Pirituba II, realizada por Egas e Ino (2007), com o objetivo de analisar parte do ciclo de vida de um sistema estrutural de cobertura em madeira de Pinus;
- Pesquisa: Análise de ciclo de vida: Uso de software ECO-IT para comparação entre dois sistemas de fachada (alvenaria e vidro), realizada por Ferreira e Santos (2008), com o objetivo de analisar o Ciclo de Vida de dois sistemas de fachadas utilizada em edifícios comerciais brasileiro: o de alvenaria cerâmica e o de vidro em estrutura de alumínio;
- Pesquisa: On the optimal selection of wall cladding system to reduce direct and indirect CO2 emissions, realizada por Radhi (2010), com o objetivo de pesquisar realizada nos Emirados Árabes, sobre a pegada de carbono em materiais de isolamento térmico de fachada;
- Pesquisa: Aplicação da análise do ciclo de vida em uma indústria de vidro plano, realizada por Gadea (2010), com o objetivo de aplicar a ACV em uma indústria de vidro plano para mensurar os impactos ambientais e sociais ocasionado pelo processo de produção;
- Pesquisa: Avaliação do ciclo de vida dos tubos de PVC produzidos no Brasil, realizada por Lima (2010), com o objetivo de realizar a análise do ciclo de vida do policloreto de vanília (PVC), segundo termoplástico mais consumido do mundo;
- Pesquisa: Exploring the environmental impact of a residential life cycle, including retrofits: Ecological footprint application to a life cycle analysis Framework in Ontario, realizada por Bin (2011), com o objetivo de explorar os impactos ambientais, ocasionado no Retrofits de uma residência, através da aplicação de uma análise do ciclo de vida, onde serão estimadas as emissões de carbono e consumo de energia numa residência;
- Pesquisa: Aplicação da Análise do Ciclo de Vida na Construção Civil: discussão sobre alocação de impactos entre o aço e suas escórias, realizada por Gomes (et al., 2011), com o objetivo de conduzir uma Análise de Ciclo de Vida simplificada do aço e das escórias siderúrgicas, com a realização de

uma avaliação comparativa dos resultados decorrentes do uso de critérios de alocação de impactos com base na massa e no valor econômico;

- Pesquisa: Life-cycle energy and environmental analysis of partition wall systems in the UK, realizada por Brouna e Menzines (2011), com o objetivo de realizar um comparativo da energia operacional e incorporada em três sistemas de paredes de fechamento, com materiais distintos: bloco de barro, bloco de concreto e madeira tradicional. Além de identificar os impactos ambientais, ocasionado na construção das paredes nas obras da Inglaterra.;
- Pesquisa: Life-cycle assessment of residential buildings in three different European location, basic tool, realizada por Glaumann (et al., 2011), com o objetivo de avaliar a energia incorporada, carbono incorporado e consumo de energia total consumida por prédios residenciais em três diferentes locais da Europa: Bruxelas, Coimbra e Lulea;
- Pesquisa: Método para avaliação do impacto ambiental da substituição de equipamentos economizadores de água a partir da avaliação do ciclo de vida, realizada por Kalbusch (2011), com o objetivo de propor um método para verificação dos impactos ambientais quando da substituição de equipamentos em Programas de Uso Racional de Água, baseados nos conceitos da análise do ciclo de vida;
- Pesquisa: Sustainable materials selection for Canadian construction industry: An energy based life-cycle analysis of conventional and LEED suggested construction materials, realizada por Hewage e Hossaini (2011), com o objetivo de identificar no Canadá materiais de construção sustentáveis, comparando a energia específica dos principais materiais empregados pela indústria condense;
- Pesquisa: Life cycle assessment evaluation of Green product labeling systems for residential construction, realizada por Bilec (et al., 2012), com o objetivo de comparar os resultados das análises de ciclo de vida desenvolvidas para produtos de rotulagens verdes, que serão empregados na construção civil;
- Pesquisa: Assessment of CO<sub>2</sub> emissions reduction in high-rise concrete office buildings using different material use options, realizada por Chau (et al., 2012), com o objetivo de reduzir as emissões de dióxido de carbono em

arranha céu de concreto da cidade de Hong Kong. Os edifícios serão utilizados para fins comerciais, e empregaram materiais alternativos;

- Pesquisa: Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social concebido em Light Steel Framing, realizada por Júnior (2012), com o objetivo de quantificar a energia embutida inicial total e por m<sup>2</sup> dos materiais e componentes necessários, sob o ponto de vista da ACVE;
- Pesquisa: Avaliação de aspectos e impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de telhas de fibrocimento com e sem amianto, realizada por Marques (2014), com o objetivo de realizar a ACV para estimar as emissões atmosféricas causadoras do efeito estufa e chuva ácida, através do levantamento de impacto e aspectos ambientais;
- Pesquisa: Análise do ciclo de vida do sistema vedação vertical Quarter log, realizada por Altoé (et al., 2015), com o objetivo de aplicar a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida de acordo com a ISO 14.040 em um sistema de vedação vertical em madeira Quarter log e analisar os principais impactos ambientais resultantes;
- Pesquisa: Correlação entre compactidade, energia incorporada e emissões de dióxido de carbono, em projetos de habitação de interesse social, realizada por González (et al., 2015), com o objetivo era de investigar a correlação entre compactidade, energia incorporada e emissões de dióxido de carbono, em projetos de habitação de interesse social;
- Pesquisa: Avaliação ambiental do ciclo de vida de telhas de fibrocimento com fibra de amianto ou com fibras de polipropileno, realizada por Gomes (et al., 2016), com o objetivo de avaliar o ciclo de vida de telhas de fibrocimento fabricada com fibras de amianto ou com fibras de polipropileno.

## 2.4 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. Consequentemente a delimitação dos limites da análise energética é um procedimento

complicado, que requer condições e argumentos na definição do critério que será adotado (TAVARES, 2006).

#### **2.4.1 Definições**

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).

#### **2.4.2 Delimitações**

Segundo Wilting (1996) a Federação Internacional de Institutos de Estudos Avançados (IFIAS, sigla original do inglês) estabeleceu, em um Workshop feito na Suécia em 1974, que os critérios para avaliação energética são a quantificação da energia gasta no método de aquisição de um serviço ou bem.

De acordo com Brandão (1989), o interesse no gasto de energia ampliou-se graças ao aumento elevado dos preços e da preocupação com as consequências negativas, para o meio ambiente, do uso exacerbado da energia.

Logo, com tal padronização foi criado um padrão de estudo e estruturação da análise do ciclo de vida energético, para tornar viável a determinação de um banco de dados para que a indústria possa seguir um roteiro para o cumprimento da ACVE (BORBA, 2016).

Para efetivar e quantificar a ACVE é necessário seguir as delimitações do modelo, que é dividido em quatro níveis para a análise condições de cálculo total de energia, da International Federation of Institutes for Advanced Study (IFIAS) (TAVARES, 2006).

O nível inicial mede os métodos de consumo de energia direta na produção do objeto – dentro dos limites da fábrica - que são limitados pela norma ISO 14.040 (ABNT, 2019). Logo na moirira dos casos metade da energia total consumida.

O segundo nível de energia de forma indireta no manufaturamento de tal produto, tal nível representa cerca de 40% da energia do conjunto explorado (BORBA, 2016).

No terceiro nível é contabilizada o consumo da energia para a produção de uma específico bem, serviço ou sistema, esta etapa representa 9% dos requisitos totais de energia (RTE) e o último nível calcula a energia indireta usada no nível anterior e representa cerca de 1% da energia total (WILTING, 1996; TAVARES, 2006; LOBO, 2010).

De acordo com Tavares (2006), a energia embutida (EE) é a agregação dos elementos energéticos, de forma direta (na fabricação dos materiais) e indireta (no transporte das materias primas e dos materiais), as emissões de CO<sub>2</sub> são realizadas a partir dos resultados adquiridos da energia total do ciclo de vida e da energia embutida.

## 2.5 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 o 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).

A tabela 1 deste item tem o objetivo de relatar os dados disponíveis das emissões de CO<sub>2</sub> para áreas relacionadas a construção civil



Tabela 1 - Participação Setorial da Construção Civil no total de emissões de CO2 no Brasil

Setor	Geração CO2 (Gg)	Total Brasil %	Parcela considerada	Partic. Constr civil %
Energia – Queima de combustível	231408	22,5	-	-
Setor Industrial (combustível)	74066	7,19	-	-
Cimento	4940	0,48	100%	0,48
Ferro gusa e Aço	37606	3,65	14%	0,51
Mineração e Pelotização	3215	0,31	Nd	-
Metais Não-ferrosos	3860	0,37	13%	0,05
Química	9038	0,88	Nd	-
Cerâmica	2501	0,24	100%	0,24
Setor de Transportes (combustíveis)	94324	9,16	Nd	-
Setor Residencial (combustíveis)	15176	1,47	100%	1,47
Setor Comercial (combustíveis)	1557	0,15	100%	0,15
Setor Público (combustíveis)	1962	0,19	100%	0,19
Processos industriais	16870	1,64	-	-
Produção de Cimento	9340	0,91	100%	0,91
Produção de Cal	4150	0,40	100%	0,40
Produção de Alumínio	1892	0,18	100%	0,18
Mudança no Uso da Terra e Florestas	776331	75,39	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>102706</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>4,58</b>

Fonte: Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa - MCT (BRASIL, 2005); adaptado por Tavares (2006)

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os métodos que serão realizados para fazer a quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> na construção hipotética de uma unidade familiar, no modelo construtivo alvenaria convencional e alvenaria steel frame.

#### 3.1 MÉTODO DA PESQUISA

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 deste 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).

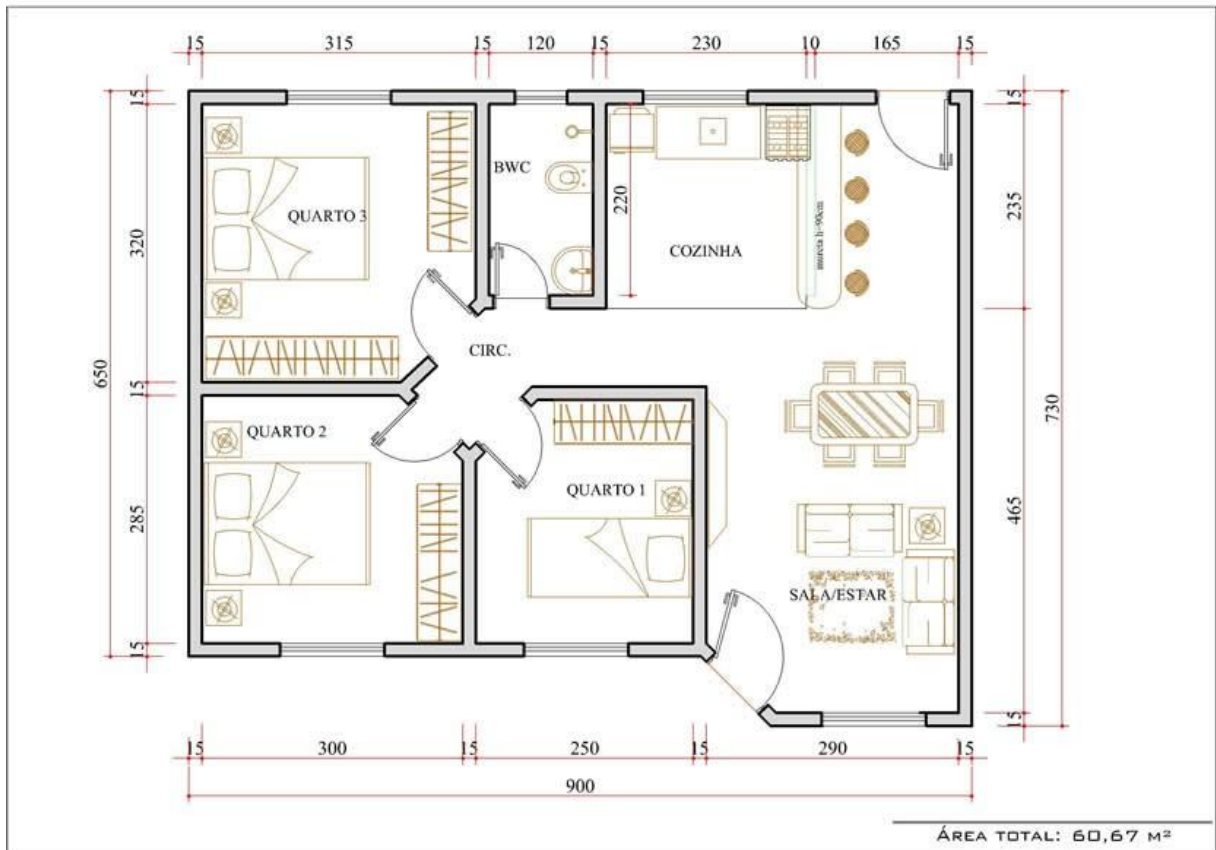
#### 3.2 MÉTODO DO TRABALHO

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).

### 3.3 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 15.

Figura 15 - Planta baixa da Residência utilizada



Fonte: PLANTA DA CASA.COM, 2012.

A residência terá como características construtivas os seguintes tópicos (BORBA, 2016):

- Fundação tipo *Radier* na alvenaria *Steel Frame*;
- Fundação tipo Sapata corrida com contra piso na alvenaria Bloco Cerâmico;
- Residências Térreas;
- As paredes das áreas molhadas (cozinha e banheiro) serão revestidas por uma cama de azulejo;

- Paredes internas e externas em aço galvanizado para o modelo construtivo *Light Steel Frame*;
- Paredes internas e externas em bloco cerâmico para o modelo construtivo alvenaria bloco cerâmico;
- Revestimento interno (pisos) será por placa cerâmica;
- No modelo *Light Steel Frame* as paredes receberam tratamento de juntas especificado pelo fabricante, tanto a placa cimentícia quanto a placa Standard;
- No modelo Bloco cerâmico as paredes receberam chapisco, emboço e reboco;
- Portas e janelas, internas e externas, em madeira certificada;
- Vidro incolor, com espessura de 6 mm;
- Piso externo em concreto liso;
- Acabamento externo em pintura texturizada;
- Acabamento interno em pintura nas placas de gesso acartonado, onde não será aplicado azulejo;
- Instalações Hidrossanitárias em tubo de PVC marrom e esgoto em PVC branco;
- Estrutura da cobertura de aço galvanizado na alvenaria *Light Steel Frame*;
- Estrutura da cobertura em madeira na alvenaria bloco cerâmico.

### 3.3.1 Paredes de 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, como é mostrado na figura 16. As paredes possuem pé direito de 3 metros, todas elas possuíram acabamento interno e externo com chapisco, emboço e reboco (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

### 3.3.2 Paredes de Alvenaria *Steel Frame*

No sistema construtivo alvenaria *Steel Frame*, as paredes, externas, serão feitas de painéis estruturais, formados a frio, de aço galvanizado, como é mostrado na figura 17. As paredes internas e externas serão preenchidas internamente por lã de vidro, como é mostrado na figura 18, 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).

Figura 16 - Dimensões do Bloco Cerâmico

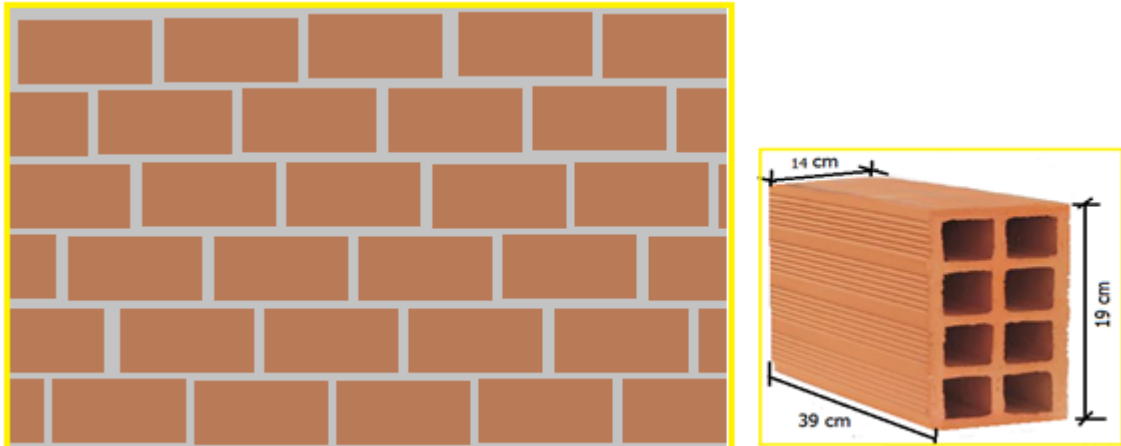
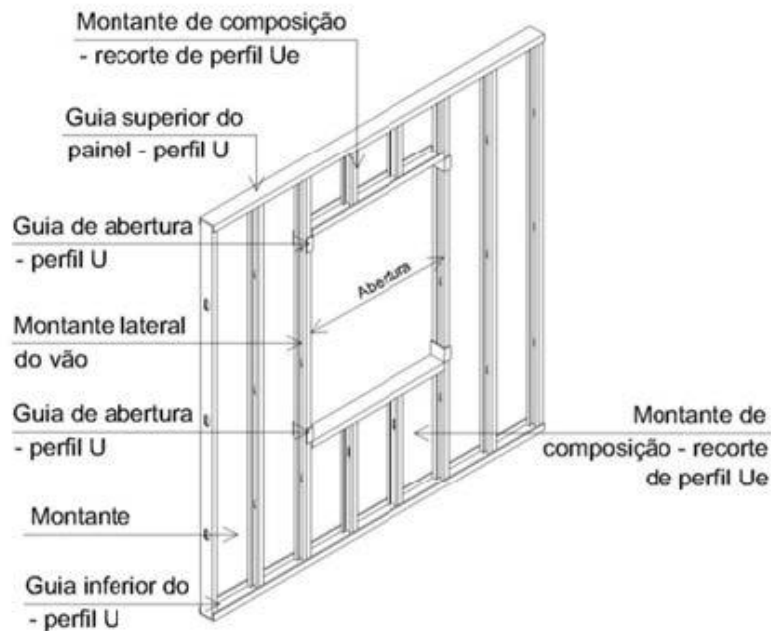


Fig.1(Parede de bloco cerâmico)-

Fig.2(bloco cerâmico)

Fonte: CERÂMICAATLANTA, 2010

Figura 17 - Painel Estrutural



Fonte: TANGENT ESCALA, 2010

Figura 18 - Materiais para acabamento



Fonte: PLACO CENTER LONDRINA, 2017

As paredes internas serão feitas com painéis, formados a frio de aço galvanizado, não estrutural, conforme a figura 19, revestidas com placas de gesso acartonado de 12,5mm que é determinada pelo ambiente a qual será empregado. O acabamento destas paredes será feito com fita e massa corrida, nas juntas e posteriormente pintura (TAKUSHI, 2016).

Figura 19 - Painel não estrutural



Fonte: GASPAR GESSO, 2016

### 3.3.3 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.

### 3.3.4 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.

O cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> foi feita a partir da Energia Embutida (EE) nos materiais exposta por Tavares (2006) em sua pesquisa que utilizou dados de pesquisas anteriores, será exposto na Tabela 2.

Tabela 2 - Energia Embutida nos materiais da construção

<b>Materiais</b>	<b>EE (MJ/m<sup>3</sup>)</b>
Aço	235.000
Areia	80
Brita	247.5
Cal Virgem	4.500
Cerâmica Vermelha	4.060
Cimento Portland	8.190
Concreto $f_{ck}$ 25MPa	2.760
Madeira	300

Fonte: Adaptado de Borba, (2016)

A partir da Energia Embutida exposta por Tavares (2006), e do quantitativo de materiais que serão gastos na construção de ambos os modelos construtivos, será feita a decomposição do consumo da energia de origem primária. Borba (2016), complementa que “é necessário conhecer a relação do consumo primário por fontes específicas de energia dos materiais de construção fabricados no Brasil, além da geração de CO<sub>2</sub> por essas fontes”. A Tabela 3 identificará as porcentagens do consumo dos materiais da construção brasileira a partir das fontes específicas de energia (BORBA, 2016).

Tabela 3 - Consumo primário de energia por fontes em % MJ nos materiais de construção

(continua)

<b>Materiais</b>	<b>Fontes não renováveis</b>							<b>Fontes renováveis</b>				
	<b>Óleo diesel e Combustível</b>	<b>Gás natural</b>	<b>GLP</b>	<b>Coque de Petróleo</b>	<b>Outras</b>	<b>Carvão Mineral</b>	<b>Coque de Carvão Mineral</b>	<b>Eleticidade</b>	<b>Carvão vegetal</b>	<b>Lenha</b>	<b>Outras fontes renováveis</b>	<b>Outras</b>
Aço e Ferro	1	6					71	10				12
Alumínio	21	7			4		10	54				4
Areia	99							1				
Argamassa	86			10				4				
Cal	12							8		80		



Tabela 3 - Consumo primário de energia por fontes em % MJ nos materiais de construção

(conclui)

Materiais	Fontes não renováveis							Fontes renováveis				
	Óleo diesel e Combustível	Gás natural	GLP	Coque de Petróleo	Outras	Carvão Mineral	Coque de Carvão Mineral	Elettricidade	Carvão vegetal	Lenha	Outras fontes renováveis	Outras
Cerâmica Vermelha	4		8					2		85		1
Cimento	3			61		8		12	9			7
Cobre	10	44					5	41				
Concreto	82			9				9				
Impermeabilizante	10	30			34			26				
Madeira	83							17				
Pedra	85							15				
Plástico	10	30			34			26				
Tintas	90							10				
Gesso acartonado	35				40							25
Placa Cimentícia	35				40							25

Fonte: Adaptado de Borba, (2016)

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 exposto na tabela 4.

Tabela 4 - 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

Tabela 4 - Energia Embutida nos materiais da construção

(continua)

<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>Energia Embutida MJ/Unidade</b>
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
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

Tabela 4 - Energia Embutida nos materiais da construção

(conclui)		
<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>Energia Embutida MJ/Unidade</b>
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	M²	67,80
Textura Acrílica	L	46,20
Tinta látex PVA	L	46,20
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)

## 3.3.4.1 Quantitativo da Alvenaria convencional

Quantitativo dos materiais e da Energia Embutida multiplicada dos materiais em MJ de acordo com Carminatti Júnior (2012). Tabela 5 exemplificando os resultados.

Tabela 5 - 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 Britafa 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
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	m <sup>3</sup>	225,00	418,50

Tabela 5 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

(continua)				
<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>EE/unidade (MJ)</b>	<b>EE total (MJ)</b>
<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>				
Prego 18 x 27 com cabeça	0,69	kg	71,20	49,128
Madeira (peroba)	0,73	m <sup>3</sup>	0,50	0,365
Telha de fibrocimento 8mm	86,06	m <sup>2</sup>	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

Tabela 5 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

(conclui)				
Material	Quantidade	Unidade	EE/unidade (MJ)	EE total (MJ)
<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 m<sup>2</sup></b>				<b>2.063,77</b>

Fonte: Adaptado de Borba, (2016)

### 3.3.4.2 Quantitativo da Alvenaria Steel Frame

Quantitativo dos materiais e da Energia Embutida multiplicada dos materiais em MJ de acordo com Carminatti Júnior (2012). Tabela 6 exemplificando os resultados.

Tabela 6 - 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

Tabela 6 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

(continua)				
<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>EE/unidade</b>	<b>EE total</b>
			<b>(MJ)</b>	<b>(MJ)</b>
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
<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

Tabela 6 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

Material	Quantidade	Unidade	(conclui)	
			EE/unidade (MJ)	EE total (MJ)
<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)

### 3.4 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 6 apresenta a EE total e a EE por m<sup>2</sup> de cada sistema construtivo que foi estudado.

Tabela 7 - Quantitativo de materiais e da Energia Embutida

Energia Embutida (MJ)	Alvenaria Bloco Cerâmico	Alvenaria Steel Frame
<b>Total</b>	125.208,867	174.081,105
<b>Por m<sup>2</sup></b>	2.063,77	2.869,31

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 consequentemente por m<sup>2</sup> do que a alvenaria *Steel Frame*.



## 4 CONCLUSÃO

Podemos observar 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, como mostrado na Tabela 7.

Tabela 8 - Comparativo de Energia Embutida por Subsistema

<b>Energia Embutida</b> (MJ)	<b>Alvenaria Bloco</b> <b>Cerâmico</b>	<b>%</b> <b>Representativa</b>	<b>Alvenaria Steel</b> <b>Frame</b>	<b>%</b> <b>Representativa</b>
<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	45.079,845	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</b> <b>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)

Com base nos dados apresentados na Tabela 8, pode-se observar que os subsistemas, do modelo construtivo alvenaria convencional, responsáveis pela maior EE e consequentemente maiores emissores de CO<sub>2</sub> são o contra piso, 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.

Ainda com base nos dados da Tabela 8, 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 consequentemente 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, com base nos resultados apresentados na Tabela 7, 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 consequentemente 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. Disponível em: <[http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/NR%2015575/NBR\\_15575-5\\_2013\\_Final%20Sistemas%20de%20Cobertura.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/NR%2015575/NBR_15575-5_2013_Final%20Sistemas%20de%20Cobertura.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2018.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. ISSO 14040.2009. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/42902403/nbr-iso-14040-09>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Informação e documentação - Citações em documentos – Apresentação**: NBR 10520.2002. Disponível em: <<https://www.usjt.br/arq.urb/arquivos/nbr10520-original.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2018.
- 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. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=325428#>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos**. NBR 6118.2014. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/jonathanlopes9026/nbr-6118-2014-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento-verso-corrigida>>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Componentes Cerâmicos: Parte 1 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria de vedação**. NBR 15270-1.2005. Disponível em: <[https://pt.slideshare.net/sheyqueiroz/nbr-15270105-componentes-cermicos-parte-1-blocos-cermicos-para-alvenaria-de-vedacao-terminologia-e-requisitos?qid=5f43b618-35eb-4fe6-b8a0-6c2f068c06dd&v=&b=&from\\_search=2](https://pt.slideshare.net/sheyqueiroz/nbr-15270105-componentes-cermicos-parte-1-blocos-cermicos-para-alvenaria-de-vedacao-terminologia-e-requisitos?qid=5f43b618-35eb-4fe6-b8a0-6c2f068c06dd&v=&b=&from_search=2)>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Bloco Cerâmico para Alvenaria**. NBR 7171.1992. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=53938>>. Acesso em: 16 nov. 2018.
- 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, Iasminy 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 CO2 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\\_CO2\\_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_CO2_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.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. Disponível em: <<http://especializacaocivil.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%20Ambienta%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%Aancia%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&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-41612005000400004&script=sci_abstract&tlng=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&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612005000400004&lng=en&nrm=iso&tlng=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&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-67622015000400769&lng=pt&nrm=iso&tlng=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%20DIAS%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.

ZOCICHE, 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.