



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS, TECNOLÓGICAS E LETRAS-  
CCHSTL  
CAMPUS AÇAILÂNDIA  
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**VICTOR BEZERRA CARVALHO**

***INSULATED CONCRETE FORMS (ICF) COMO UM SISTEMA CONSTRUTIVO  
ENXUTO – UMA VISÃO A PARTIR DA LEAN CONSTRUCTION***

AÇAILÂNDIA - MA  
2022

**VICTOR BEZERRA CARVALHO**

***INSULATED CONCRETE FORMS (ICF) COMO UM SISTEMA CONSTRUTIVO  
ENXUTO – UMA VISÃO A PARTIR DA LEAN CONSTRUCTION***

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ma. Rachel de Andrade Avelar da Silva

AÇAILÂNDIA – MA  
2022

C331i

Carvalho, Victor Bezerra

Insulated Concrete Forms (ICF) como um sistema construtivo enxuto - uma visão a partir da lean construction / Victor Bezerra Carvalho – Açailândia: UEMASUL, 2022.

57 f. : il.

Monografia (Curso de Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2022.

Orientadora: Profa. Ma. Rachel de Andrade Avellar Silva

1. Lean construction. 2. Sistema ICF. 3. Sustentabilidade. I. Título.

CDU 624:504(812.1)

**VICTOR BEZERRA CARVALHO**

***INSULATED CONCRETE FORMS (ICF) COMO UM SISTEMA CONSTRUTIVO  
ENXUTO – UMA VISÃO A PARTIR DA LEAN CONSTRUCTION***

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Aprovada em: 22/12/2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

Rachel de Andrade Avelar da Silva  
Mestra em Engenharia Mecânica - UFMA  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL

---

Ana Caroline Pereira Nolasco  
MBA em Engenharia Ferroviária  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL

---

Brenda Gomes de Lima Moura  
Mestre em Ciências do Materiais - UFMA  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL

Dedico este trabalho primeiramente a Deus,  
por ser essencial em minha vida,  
autor de meu destino, meu guia,  
socorro presente na hora da angústia.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha querida avó Maria Josefa da Conceição (in memoriam), e meu avô Gilmar de França Carvalho (in memoriam), cuja presença foi essencial na minha vida.

À Deus pelo privilégio de estar concluindo mais uma etapa em minha vida, me sustentando, guardando e dando forças para chegar até aqui.

À minha avó Albertina de Aquino França por não medir esforços para apoiar minha jornada.

Aos meus amados pais, Wanúcia Bezerra de Oliveira e Gerbert de França Carvalho pelo apoio e por cada ensinamento que me tornou a pessoa que sou hoje.

Aos meus queridos irmãos Higor Bezerra Carvalho, Gerber de França Carvalho Junior e Geovanna Nascimento Carvalho por despertar em meu coração o desejo de ser melhor a cada dia para eles.

À minha namorada Maria Rebeca Oliveira Silva por toda ajuda, e apoio, por estar sempre ao meu lado e por acreditar em cada sonho.

À minha orientadora Rachel de Andrade Avelar da Silva por tudo que fez por mim, pelo apoio, confiança e ajuda.

E por fim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação.

*“Sua única limitação é aquela que você impõe em sua própria mente.”*

(Napoleon Hill)

## RESUMO

A indústria construtiva brasileira tem procurado métodos que garantem a eficiência da construção com maior industrialização, perda mínima de material e introdução de sistemas de controle de qualidade. Desse modo, surgiu a metodologia *Lean Construction* (Construção Enxuta), e o sistema construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF) afim de diminuir problemas frequentes do setor construtivo. No presente trabalho foi desenvolvido um estudo da viabilidade técnica, econômica e de sustentabilidade fundamentados pela filosofia *Lean*, por meio da implantação do ICF para o setor de construção civil no país. A pesquisa foi realizada com análise do método construtivo em ICF de uma residência unifamiliar, abordando suas principais etapas construtivas identificando características e viabilidade da aplicação da filosofia *Lean*. Apresentando resultados como vantagens no conforto térmico e acústico e racionalização de materiais. Dessa forma, pode-se concluir que sua implementação possui um excelente custo-benefício, diante da redução de mão de obra, sustentabilidade, e uma redução da parcela de atividades que não agregam valor, fazendo do ICF um sistema enxuto.

**Palavras-chaves:** *Lean Construction*; Sistema ICF; Sustentabilidade; Economia.

## **ABSTRACT**

The Brazilian construction industry has been looking for methods that guarantee construction efficiency with more industrialization, minimal material loss and the introduction of quality control systems. In this way, the Lean Construction methodology emerged, and the Insulated Concrete Forms (ICF) construction system in order to reduce frequent problems in the construction sector. In the present work, a technical, economic and sustainability feasibility study was developed based on the Lean philosophy, through the implementation of the ICF for the civil construction sector in the country. The research was carried out with analysis of the constructive method in ICF of a single-family residence, approaching its main constructive stages, identifying characteristics and feasibility of the application of the Lean philosophy. Presenting results such as advantages in thermal and acoustic comfort and rationalization of materials. Thus, it can be concluded that the implementation has an excellent cost-benefit ratio, given the reduction in labor, sustainability, and a reduction in the share of activities that do not add value, making the ICF a lean system.

**Keywords:** Lean Construction; ICF System; Sustainability; Economy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Anatomia de uma parede ICF .....	13
Figura 2 - Modelo Casa do TPS .....	19
Figura 3 - Princípios <i>Lean</i> .....	26
Figura 4 - Efeito do <i>Lean</i> na sustentabilidade .....	28
Figura 5 - Cinco Sentidos .....	29
Figura 6 - Estrutura Convencional .....	31
Figura 7 - Demonstração ICF .....	32
Figura 8 - Igreja Nossa Senhora do Caravaggio .....	34
Figura 9 - Layout da Planta Baixa .....	36
Figura 10 - Vista Frontal .....	36
Figura 11 - Perspectiva Isométrica .....	37
Figura 12 - Fluxograma de metodologia de pesquisa .....	38
Figura 13 - Esquadro .....	39
Figura 14 - Detalhamento da parede .....	40
Figura 15 - Estrutural .....	40
Figura 16 - ICF e barras de aço .....	41
Figura 17 - Verga e Contraverga .....	41
Figura 18 - Escoramento .....	42
Figura 19 - Concretagem .....	42
Figura 20 - Aberturas .....	43
Figura 21 - Instalações Hidráulicas .....	43
Figura 22 - Chapisco .....	44
Figura 23 - Reboco .....	44
Figura 24 - Planta Baixa .....	53
Figura 25 - Corte Longitudinal A .....	54
Figura 26 - Corte Longitudinal B .....	54
Figura 27 - Corte Transversal C .....	55
Figura 28 - Planta Estrutural Térrea .....	56

## LISTA DE SIGLAS

EPS – Poliestireno Expandido

TPS – Toyota Production System

STP – Sistema Toyota de Produção

ICF – *Insulated Concrete Forms* (Formas de Concreto Isolado)

JIT – *Just In Time*

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 OBEJTIVO .....	15
1.1.1 Objetivo Geral:.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos: .....	15
1.2 JUSTIFICATIVA .....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
<b>2.1 Sistema Toyota de Produção</b> .....	18
<b>2.1.1 Origem, conceito e difusão</b> .....	18
<b>2.2 Construção Enxuta</b> .....	20
<b>2.2.1 Os sete desperdícios</b> .....	21
<b>2.2.2 Princípios da Construção Enxuta</b> .....	23
<b>2.2.3 Princípios do <i>Lean Thinking</i></b> .....	26
<b>2.2.4 Construção Enxuta e Sustentabilidade</b> .....	27
2.2.4 Aplicação da Construção Enxuta .....	29
<b>2.2.4.1 5S</b> .....	29
<b>2.2.4.2 <i>Poka-yoke</i></b> .....	30
<b>2.2.4.3 <i>Kanban</i></b> .....	30
<b>2.2.5 Comparativo entre construção enxuta e construção tradicional</b> .....	31
<b>2.3 Sistema Construtivo <i>Insulated Concrete Forms (ICF)</i></b> .....	32
<b>2.3.1 Vantagens e desvantagens do Sistema ICF</b> .....	34
3. METODOLOGIA .....	35
<b>3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	35
<b>3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO</b> .....	35
<b>3.4 ETAPAS METODOLÓGICAS</b> .....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	39
<b>4.1 PROCESSO CONSTRUTIVO</b> .....	39
<b>4.2 Lean Construction e ICF</b> .....	45
<b>4.2.1 Vantagens e Desvantagens</b> .....	45
5. CONCLUSÃO .....	47
REFERÊNCIAS .....	48
ANEXOS.....	52

## 1 INTRODUÇÃO

A chegada de novas tecnologias na construção civil, tem levado os empreendimentos e construtoras a procurarem constantes melhorias, afim de que sejam implementadas em suas obras. É imprescindível que os empreendimentos busquem adaptação e aplicação de sistemas de qualidade, onde o mesmo faça o controle de qualidade e melhorias contínuas para que de algum modo tragam benefícios às pessoas que vão desfrutar de suas residências futuramente (CORREIA, 2018).

Segundo Ponciano e Silva (2020), por muitos anos, o método construtivo formado por paredes de vedação em blocos cerâmicos e bases estruturais em concreto se fez predominante. Nesse sentido, com a evolução da construção civil a implementação de processos de forma eficiente se tornou parâmetro relevante para gestão de qualidade e racionalização em processo de trabalho (OLIVEIRA; SILVA, 2022). Tendo em conta a agilidade na execução, qualidade, conforto térmico e economia, se tornou necessário a busca por novas tecnologias, materiais mais sustentáveis e de fácil moldagem.

A indústria construtiva brasileira tem procurado respostas que tem em vista trocar os métodos convencionais de construção por métodos que ainda garantem a eficiência da construção com maior industrialização, perda mínima de material e introdução de sistemas de controle de qualidade. (JESUS; BARRETO, 2018). Desse modo, surgiu a metodologia *Lean Construction* (Construção Enxuta), afim de diminuir problemas frequentes do setor construtivo, tais como o elevado efeito no meio ambiente e a ineficiência na produção.

A implementação de métodos com maior sustentabilidade é muito urgente e necessária para nossa sociedade. Dessa maneira, um novo método construtivo difundiu-se na Europa, no fim dos anos 1950, onde formas de Poliestireno Expandido (do inglês: *Expanded PolyStyrene* - EPS) foram utilizadas buscando reduzir o número de edifícios destruídos por terremotos e as baixas temperaturas. O objetivo era criar algo novo, que contribuísse com os componentes termoacústicos, acessível, sustentável e autoportante (BASTOS, 2018).

A filosofia *Lean* nasceu do Toyota Production System, conhecido no Brasil como Sistema Toyota de Produção (STP), no qual, é uma cultura organizacional voltada para expor e solucionar os problemas nos mais variados ambientes e

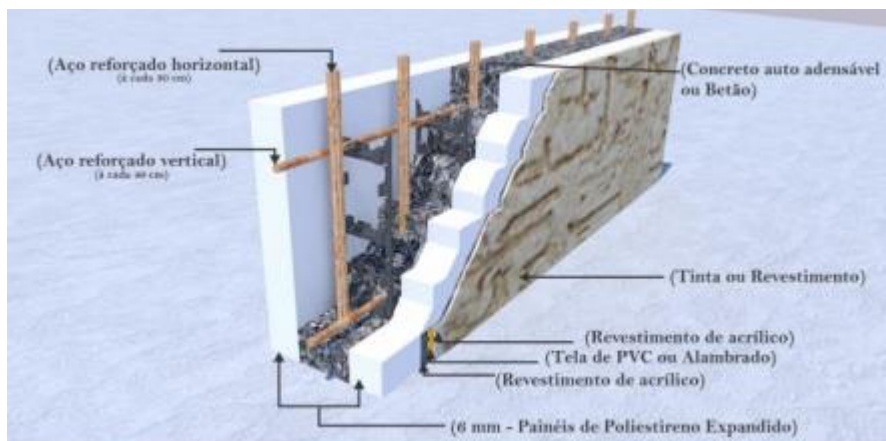
situações. O STP concentra esforços para que não se tenha tempo, insumos e dinheiro desperdiçados, sobrecarga de operadores e máquinas e alterações de processos que causam irregularidades nos produtos (CORREIA, 2018).

Koskela (1992) adaptou a ideia de Produção Enxuta, que surgiu no STP, para a indústria da construção civil, no qual, foram apontados princípios que melhorariam o desempenho produtivo e amenizariam problemas habituais do setor, onde tal adaptação se deu visando uma mudança no processo produtivo convencional (ALMEIDA; PICCHI, 2017).

A maioria dos processos dentro da construção civil estão propensos a gerar atrasos, desperdícios de material, mão de obra parada, que acaba por gerar falta de eficiência no projeto (REIS *et al.* 2017), tais problemas se dão pela adoção dos tradicionais métodos construtivos. À vista disso, o uso da construção enxuta nesses projetos destina-se a acabar ou diminuir substancialmente todas essas adversidades.

Partindo desta análise, a filosofia *Lean Construction* traz consigo o desenvolvimento de novos sistemas construtivos para reduzir tempo, custo e melhorar o desempenho. Dentre eles, pode ser citado o sistema de Formas de Concreto Isolado (do inglês: *Insulated Concrete Forms – ICF*), no qual, é composto por formas de EPS montadas por encaixe, e posteriormente preenchidas de concreto e aço, formando paredes com função estrutural e de vedação, como é possível observar na (Figura 1).

Figura 1 - Anatomia de uma parede ICF



Fonte: BASTOS, 2018

O sistema ICF é uma maneira de modernizar a construção civil dentro do país, além de ser uma forma de construir com mais agilidade, sendo capaz de diminuir gastos com mão de obra (PASSOS, 2021). É válido também, citar outras vantagens, tais como, o alto desempenho acústico e térmico, diminuição de materiais desperdiçados e ser um material de fácil transporte (JESUS; BARRETO, 2018).

Com o surgimento de novas metodologias construtivas, é imprescindível que as empresas busquem continuamente por aperfeiçoamentos para serem beneficiadas com tais inovações (MENDES; RODRIGUES, 2021). Nesse sentido, se faz necessário o constante desenvolvimento de estudos, como o do sistema ICF por exemplo, afim de identificar suas viabilidades de custos e produtividade, vantagens e desvantagens.

## 1.1 OBEJTIVO

### 1.1.1 Objetivo Geral:

Desenvolver um estudo da viabilidade técnica, qualitativa e de sustentabilidade fundamentados pela filosofia *Lean Construction*, por meio da implantação do sistema construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF) para o setor de construção civil no país.

### 1.1.2 Objetivos Específicos:

- Realizar de um estudo prévio conferindo a viabilidade da aplicação da metodologia *Lean Construction* no sistema construtivo brasileiro;
- Analisar a metodologia do sistema construtivo ICF e sua aplicabilidade;
- Identificar as vantagens e desvantagens do ICF, para uma melhor compreensão de sua viabilidade.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O setor da Construção Civil é conservador no que se refere à adoção de inovações tecnológicas. Diversas soluções ainda não são implementadas, e assim, os métodos construtivos convencionais permanecem sendo referência nas obras brasileiras. Novos métodos na indústria da construção civil com o objetivo de aprimorar o cenário se tornam necessários, especificamente os que geram redução de custo com maior produtividade, além do controle de desperdício (MOURA; SANTOS, 2019 *apud* LUEBLE, 2004).

Nesse sentido, visando o aumento do desempenho de materiais e métodos construtivos é essencial a operação de métodos científicos requisitados por princípios, como os apresentados no estudo da construção enxuta, que evidenciam resultados como a racionalização construtiva (VIVANE; PALIARI; NOVAES, 2010). Tendo em vista, a busca por novos métodos construtivos que tenham como parâmetro a redução de impactos ambientais e manuseio de recursos energéticos de maneira eficiente, foi desenvolvido o sistema ICF (SANTOS, 2020).

Como princípios da filosofia *Lean*, o sistema construtivo ICF é uma maneira de modernizar a construção civil dentro do país, além de ser uma forma de construir com mais agilidade, sendo capaz de diminuir gastos com mão de obra, ter alto desempenho térmico e acústico, redução de desperdícios de materiais e ser um material de alta trabalhabilidade.

O sistema construtivo ICF foi inicialmente utilizado, por exemplo, no continente Europeu, Estados Unidos da América (EUA) e Canadá, sendo lugares onde sua implementação apresenta uma forte operação pelo conhecimento das vantagens oferecidas pelo método *Insulated Concrete Forms* (ICF BUILDER, 2017). No cenário brasileiro sua implementação é recente, visto a quantidade relativamente baixa da utilização deste sistema construtivo em obras, apresentando uma empregabilidade pouco significativa. Por esta análise, observa-se a limitação de informações sobre as reais vantagens atreladas ao método que se estende desde os recursos materiais quanto a execução do método, tem por resultado obstáculos pertinentes ao setor da construção civil no Brasil (BASTOS, 2018).

A implementação de industrialização é de suma importância na construção civil como maneiras capazes de substituir métodos tradicionais e buscar ferramentas que inovem os métodos construtivos utilizados. Sendo esta, uma garantia de maior

desempenho nos setores de produção atrelada a mão de obra especializada e conhecimentos em processos.

Por esta configuração, tem-se o conhecimento das vantagens associadas nas utilizações do ICF em outros países no setor da construção, além da compreensão de que as inovações devem ser compatibilizadas a localização, clima, viabilidade de recursos econômicos e condicionantes nacionais (BASTOS, 2018).

Deste modo, a relevância desse trabalho de conclusão de curso encontra-se em investigar o sistema construtivo em ICF, o conhecimento exposto na literatura sobre o tema, visando auxiliar na implantação de um novo método alternativo para a construção civil, contribuindo em uma maior produtividade, eficiência, controle de desperdícios e redução dos impactos ambientais.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sistema Toyota de Produção

#### 2.1.1 Origem, conceito e difusão

O Sistema Toyota de Produção (STP), é visto como a operacionalização do modelo japonês, no qual se desenvolveu inicialmente o princípio *just-in-time* (JIT). bastante difundido entre as empresas do Japão e do mundo (MULLER, 1996). O STP, no qual, surgiu no final da década de 1950, decorrente da crise financeira que atingiu as indústrias do Japão, como uma estratégia para a companhia conseguir competir com a produção em massa com eficiência, visando à redução de desperdícios (REIS et al. 2017).

De acordo com as circunstâncias da época, a Toyota compreendeu que não era capaz de competir com as empresas da América do Norte, Ford e General Motors, onde era usado grande volume de produção, e chegou à conclusão de que era necessário desenvolver um sistema de produção onde fosse possível eliminar drasticamente os desperdícios provenientes dos métodos de produção (FERREIRA, 2016).

Originalmente, o STP veio após a segunda guerra mundial sendo baseado pelo crescimento da indústria automobilística com seus altos índices de produção (OHNO, 1978). Por esta razão, a indústria japonesa consolidou sua estratégia de produção atrelada ao comportamento do mercado japonês com diversidades em produtos, qualidade de segurança, serviços assegurados pela procura e um menor custo de desperdício (GONÇALVES, 2009 apud FONTANINI, 2004).

O foco principal do STP é eliminar desperdícios para maximizar o uso de recursos e reduzir custos desnecessários. Para se tornarem mais produtivas e obterem melhores resultados financeiros, empresas industriais de outros países além do Japão passaram a adotar o STP, espalhando-o pelo mundo (CALLEFI; CRUBELLATE, 2020).

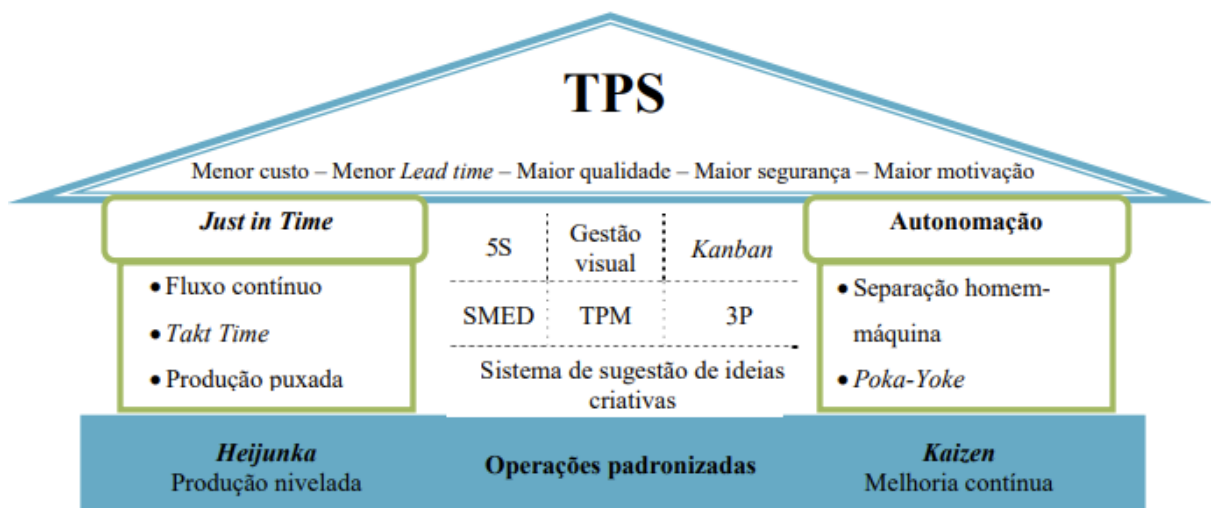
Segundo Ohno (1978), o objetivo principal do processo de produção Toyota é reduzir a linha do tempo, ou seja, encurtar o momento utilizado a partir do momento da efetuação do pedido até a retirada do dinheiro investido no produto. Nesse sentido, para o presidente da companhia a meta da indústria foi o alcance da produção americana tendo em vista seus resultados superiores pelos métodos de produção

(MULLER, 1996). A massa trabalhadora no Japão por mais que estivesse insatisfeita com a polivalência dos serviços, a prioridade do sistema era a produção eficiente, sendo esta a maior necessidade na corrida contra a produção americana (OHNO, 1978).

Uma vez que, nesse período, o comportamento do mercado automobilístico japonês era marcado por demandas diferenciadas e de baixo volume, fazendo-se necessário produzir vários carros de diferentes modelos em pequenas quantidades e, ao mesmo tempo, sendo possível garantir os ganhos de produtividade indispensáveis à redução do preço de custo (SILVA, 2008).

Segundo Gonçalves (2009), Taiichi Ohno, um dos idealizadores do STP, determinou a origem do processo como a eliminação absoluta do desperdício, sustentado por dois pilares: Autonomia e *Just in Time*. A (Figura 2) mostra o sistema STP em um modelo denominado casa do STP, desenvolvido pelo discípulo de Ohno, Fujio Cho, onde, procurava mostrar de forma estrutural, com essa representação, que deve haver coerência e conexões entre cada elemento do conjunto, para que a estrutura cumpra sua função (SILVA, 2008).

Figura 2 - Modelo Casa do TPS



Fonte: GONÇALVES, 2009 adaptado de GHINATO, 2000

Automação é um sistema que dá autonomia à máquina ou o operador de interromper o processamento em qualquer momento que se detecte algo fora do padrão (Ohno, 1978). O objetivo primordial é evitar que defeitos se formem e se espalhem, eliminando possíveis erros de processamento nas etapas de produção. Quando o operador interrompe a linha de produção, ou a máquina para de processar,

o problema torna-se imediatamente aparente para o operador. Desencadeando um empenho de todos para reconhecer e eliminar a causa raiz, o que evita que o problema se repita e, assim, reduz o tempo de inatividade da linha de produção (GHINATO, 2000).

Segundo Ohno (1978), o conceito de JIT veio da ideia de Kiichiro Toyoda de que em uma o ideal era que todas as peças estivessem ao lado das linhas de produção no momento exato para o seu uso. O JIT é, portanto, uma técnica de gestão que garante que um seja produzido no momento e quantidade correto, o produto correto. Em conjunto com o Jidoka (Autonomação), o conceito do JIT, mantém e equilibra o Sistema Toyota de Produção (GHINATO, 2000).

## **2.2 Construção Enxuta**

A metodologia *Just in Time* (JIT) torna-se como uma das bases do STP, sendo agora parte integrante do sistema Construção Enxuta (do inglês *Lean Construction*), se assenta num sistema que produz apenas o essencial, na quantidade e momento certo (GONÇALVES, 2009). Para que haja uma produção enxuta, é primordial o corte dos 7 desperdícios, conceituados no STP, excesso de produção, espera, transporte, sobreprocessamento, inventário, movimentação e defeitos (CORREIA, 2018).

No começo dos anos 1990, com o trabalho “Aplicação da nova filosofia de produção na indústria da construção” publicado por Koskela (1992), nasceu o *Lean Construction*. Posteriormente fundou-se o Grupo Internacional da Construção Enxuta, com o objetivo de disseminar esses novos conceitos mundialmente (LORENZON, 2008).

É significativo o quanto a força de trabalho da construção no Brasil tem pouca formação e qualificação para o seu trabalho; esse fator causa problemas em toda escala de produção, um desses problemas está relacionado ao retrabalho, pois a qualidade dos produtos não é controlada nos processos, e o retrabalho acaba sendo um desperdício de material (CORREIA, 2018).

Devido às ineficiências convencionais da Indústria da Construção Civil, o *Lean Construction*, da mesma maneira que o uso de tecnologia, pré-fabricação e padronização, é tido como uma maneira eficiente de intensificar a produtividade do setor. A construção enxuta colabora com a simplificação da produção e o fluxo de

informações, minimiza variações, desperdício de material, tempo e recursos humanos para melhorar a coordenação e a qualidade da produção (FERREIRA *et al*, 2021)).

Derivado do STP, o paradigma da Produção Enxuta possibilitou uma forma de fabricação completamente nova na indústria automotiva, e houve quem defendesse que seus princípios se aplicam a todas as indústrias mundialmente (SILVA, 2008). É de acordo com a aplicação dos princípios da filosofia *Lean* na indústria, que adaptando as suas instruções e ferramentas, foram criadas as condições para a implementação na construção, e assim foi criada a Construção Enxuta (GONÇALVEZ, 2009).

A Construção Enxuta é uma prática da filosofia lean na construção e tem em vista gerir as técnicas e aplicação dos recursos de modo eficiente e eficaz (NERY *et al*, 2018). Segundo Koskela (1992), as ideias da nova filosofia de produção foram originadas no Japão na década de 1950, se baseando no Sistema Toyota de Produção, no qual sua essência é a eliminação de estoques e outros resíduos através de pequenos lotes de produção.

O termo *Lean* foi cunhado para caracterizar essa nova filosofia de gestão, que, comparada à produção em massa, utiliza metade do esforço dos trabalhadores da fábrica, local de produção, investimento em ferramentas e horas para desenvolver novos produtos. Da mesma forma, demanda muito menos da metade do estoque no local, causa muito menos defeitos e produz uma gama maior e cada vez maior de produtos (GONÇALVEZ, 2009 apud WOMACK *et al.*, 2007).

*Lean é Lean* a partir do momento em que proporcione uma maneira de fazer mais com menos, ou seja, menos mão de obra, menos equipamentos, menos tempo e espaço, enquanto produz o produto que o cliente de fato deseja, quando ele deseja e o valor que ele gostaria de pagar (MEDEIROS, 2010).

### **2.2.1 Os sete desperdícios**

Com o desenvolvimento dos sistemas de produção STP e *Lean Construction* foi observado parâmetros de desperdícios globais identificados como vícios de produção dentro das organizações (FERREIRA, 2016). Para Womank e Jones (2004), o desperdício é caracterizado pelas atividades humanas capazes de absorver recurso e incapazes de gerar valor. Processos que necessitem de correções,

produções fora dos padrões, excesso de produtos em estoque são algumas das etapas que contribuem ao desperdício (MEDEIROS, 2010).

Segundo Ohno (1978) deve ser considerado a capacidade real de trabalho assim como deve ser definido os desperdícios atrelados ao serviço desempenhado. Ou seja, o custo do trabalho sendo ele aquilo que foi gasto ao produzir um bem deve estar atrelado ao desperdício gerado (MEDEIROS, 2010). Para este fim, é expressada a seguinte equação referente a capacidade de serviço:

$$\text{Capacidade Atual} = \text{Trabalho Real} + \text{Desperdício Gerado} \quad (1)$$

Com o desenvolvimento do STP categorizado por princípios como, uma produção cujo desperdício é zero tende a apresentar um resultado de trabalho com porcentagem equivalente a 100% (FERREIRA, 2016). Portanto, foi identificado 7 desperdícios descritos por Onno, como visto na Tabela 1 considerados como globais por serem frequentemente encontrados nas linhas de produção e que devem ser eliminados das mesmas (WOMACK; JONES, 2004).

Tabela 1 - Os sete princípios

### OS SETE DESPERDÍCIOS

<b>Excesso de produção</b>	Fazer mais do que é necessário, ou desperdiçar por antecipação, produzindo antes do tempo necessário, criando um estoque.
<b>Espera</b>	Esse desperdício ocorre por falta de entrega atrasadas, burocracia, mau funcionamento de equipamento, falta de independência das pessoas, entre outros.
<b>Transporte</b>	O transporte leva em médio 45% no tempo total para fabricar um produto, desse modo, reduzir o transporte é tida como uma prioridade para redução dos custos (GHINATO, 2000).

<b>Sobreprocessamento</b>	Desperdícios no processamento, onde a performance da produção extrapola as condições idealizadas. Inclui as operações de processamento que são capazes de serem reduzidas de modo que não comprometa as qualidades e funcionalidades essenciais do produto ou atividade.
<b>Inventário</b>	Recursos obtidos desnecessariamente, indo contra o <i>Just In Time</i> .
<b>Movimentação</b>	Durante determinada operação, os colaboradores realizarem movimentos que seriam dispensáveis.
<b>Defeitos</b>	Produzir produtos fora do padrão estabelecido, provocando um retrabalho para corrigir o problema.

Fonte: FERREIRA, 2016

### 2.2.2 Princípios da Construção Enxuta

Koskela (1992) trouxe onze princípios para o projeto e gestão de fluxo de processos na construção civil, que foram a base de vários trabalhos a respeito do *Lean Construction*, os onze princípios são:

Tabela 2 - Onze princípios

<b>Onze princípios para Construção Enxuta (KOSKELA, 1992)</b>	
1.	Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes
2.	Reduzir tempo de ciclo
3.	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor
4.	Simplificar por meio da redução do número de etapas
5.	Focar o controle no processo como um todo
6.	Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões
7.	Reduzir a variabilidade
8.	Aumentar a transparência do processo
9.	Aumentar flexibilidade do resultado final
10.	Introduzir melhoria contínua no processo
11.	Fazer benchmarking

Fonte: Autor (2022)

- 1. Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes**  
– De acordo com Gonçalves (2009), o emprego desse princípio compreende no mapeamento do processo, identificando os clientes e suas necessidades em cada etapa. As necessidades dos clientes necessitam ser reconhecidas e essas informações levadas em consideração no gerenciamento e administração da produção.
- 2. Reduzir tempo de ciclo** - O tempo de ciclo para produzir um dado produto é estabelecido como o somatório dos tempos que se fazem necessário (LORENZON, 2008). A exigência de executar o cronograma faz com que o sistema encontre e remova as atividades que podem ser removidas para possibilitar uma entrega mais ágil para os consumidores intermediários e finais (CORREIA, 2018).
- 3. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor** - Tais como, o tempo de espera por um carregamento de insumos para iniciar a construção da parede de alvenaria, o que pode ser eliminado pelo melhor relacionamento com os fornecedores, e usar concreto usinado com a finalidade de reduzir o tempo gasto para mistura dos insumos (CORREIA, 2018).
- 4. Simplificar por meio da redução do número de etapas** – Quanto mais etapas houver no processo de produção, maior a tendência de realizar mais atividades que não agregam valor (LORENZON, 2008). O processo de produção pode ser simplificado de várias maneiras, como o uso de elementos pré-fabricados, equipes multifuncionais, planejamento eficaz de processos (GONÇALVES, 2009).
- 5. Focar o controle no processo como um todo** – Segundo Lorenzon (2008), o processo produtivo pode transpor várias classes organizacionais e até mesmo cruzar as fronteiras físicas da empresa, incluindo fornecedores e clientes. Para que se haja a otimização de processos, é necessário descobrir os prováveis desperdícios que podem ser gerados nos processos construtivos, sejam eles insumos de construção ou mão de obra (CORREIA, 2018).
- 6. Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões** – Como aponta Correia (2018), um exemplo seria a organização dos insumos de acordo com as datas de validade e especificações para o controle de fluxo e conversão, pois os materiais possuem prazos de validade diferentes, e alguns

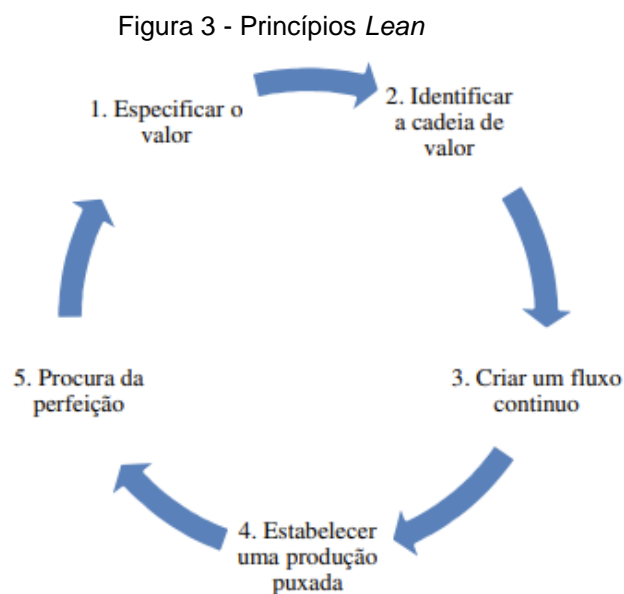
necessitam de condições especiais de exposição para evitar o processo de degradação, o que pode até mesmo impedir seu uso.

- 7. Reduzir a variabilidade** – Wiginescki (2009) afirma que, a variabilidade intensifica o número de atividades sem valor agregado e produz produtos não uniformes. A diminuição de variabilidade é um dos elementos encontrados na industrialização do processo construtivo, facilitando o trabalho das equipes, visto que, situações não padronizadas tem o potencial de causar dúvidas durante a execução (CORREIA, 2018).
- 8. Aumentar a transparência do processo** – Para Wiginescki (2009), a ausência de transparência tende a aumentar a probabilidade de erros, enfraquece sua visibilidade e reduz a motivação para melhorar. Com o uso desse princípio tem uma diminuição a propensão ao erro, reforça a motivação para melhorias, e facilita a identificação de problemas surgidos durante a execução do processo com o auxílio de dispositivos e indicadores que colaboram garantindo melhor disponibilidade da informações na estação de serviço (GONÇALVEZ, 2009).
- 9. Aumentar flexibilidade do resultado final** – Inclui a capacidade de alterar, conforme as exigências do cliente, o produto final, sem um notável aumento nos custos. A introdução de tecnologias construtivas mais adaptáveis e a utilização de uma mão-de-obra polivalente dará resultados positivos que permitirão uma melhor satisfação das demandas finais dos clientes (LORENZON, 2008).
- 10. Introduzir melhoria contínua no processo** – Reduzir o desperdício e criar valor agregado são atividades interativas e necessitam ser realizadas continuamente. Alguns métodos para institucionalizar o aprimoramento contínuo incluem medir e acompanhar a melhoria, definir metas de expansão, atribuir a responsabilidade pela melhoria a todos os funcionários, e a busca incessante de caminhos melhores. O objetivo é cortar a raiz das adversidades em vez de lidar com suas consequências. (WIGINESCKI, 2009).
- 11. Fazer benchmarking** – o benchmark é uma pesquisa de mercado que busca oportunidades de melhoria, através do conhecimento de técnicas dos concorrentes (WIGINESCKI, 2009). Nas palavras de Lorenzon (2008), é estabelecer metas e as ações para atingi-las de acordo com comparações dos resultados proeminentes de processos análogos. Verificar os resultados dos

empreendimentos dos líderes de mercado e viabilizar a análise de seus erros e acertos.

### 2.2.3 Princípios do *Lean Thinking*

Posteriormente a Koskela, Womark e Jones (1998), analisaram a metodologia do Sistema Toyota de Produção, e chegaram a cinco princípios do Lean Thinking (GONGALVEZ, 2009). As cinco fases dessas ações, conforme demonstra a (Figura 3), sugerem a definição de valor, a organização das atividades de criação de valor na melhor ordem, a realização dessas atividades sem interrupção, sempre que solicitadas e sempre com eficiência. (Womack e Jones, 2004).



Fonte: FERREIRA, 2016

- 1) **Especificar o valor** - este é o passo inicial para a implementação de todos os outros conceitos Lean. Conhecendo a perspectiva do cliente, o significado é apresentado por um produto representativo que atende às suas necessidades a um preço e momento específico. (GONÇALVEZ, 2009). Nas palavras de Lorenzon (2008), com base nas necessidades dos clientes, as empresas buscam satisfazê-los e, portanto, cobram um determinado preço que lhes permite permanecer no negócio e aumentar os ganhos através de um aperfeiçoamento contínuo do processo, redução de custos e melhoria da qualidade.

- 2) Identificar cadeia de valor** – Segundo Gonçalves (2009), é o conjunto de todas atividades específicas necessárias para produzir um produto específico por meio de três tarefas críticas do gerenciamento: solução de problemas, que inclui concepção, projeto e empreitada; gerenciamento de informação; transformação física, no qual apresenta-se desde os materiais que serão utilizados, até o produto pronto nas mãos do cliente.
- Ao estudar a cadeia de valor possibilita o entendimento de que diversas etapas geram valor impreciso, onde uma quantidade não acrescenta valor ao produto, mas são inevitáveis devido aos recursos utilizados para produzi-lo, e diversas outras não acrescentam valor e devem ser evitadas.
- 3) Criar um fluxo contínuo** - uma vez que o valor é identificado, a cadeia de valor é mapeada e todas as etapas de desperdício são eliminadas, todas as etapas que somam valor para o produto ou serviço podem continuar sem interromper o processo (FERREIRA, 2016).
- 4) Estabelecer uma produção puxada** – traduz-se em reconhecer o momento que o cliente precisa do produto e continuar a entregá-lo naquele momento. Isso significa o contrário da produção puxada *push* (empurrada) tradicional, na produção *pull* (puxada), o fornecedor não deve produzir nada, sem que o cliente solicite, evitando o acúmulo de estoques que são prejudiciais à empresa (LORENZON, 2008).
- 5) Procura da perfeição** – Para Lorezon (2008), destaca-se à demanda pela iniciação de círculo virtuoso que se torna perene em relação a processo de criação de valor, contribuindo assim com a eliminação de desperdício. Com o valor sendo expresso com a idealização do cliente, é possível distinguir a rede de valores e elaborar um sistema de fluxo contínuo. Além de tornar o cliente, responsável pela da produção puxada com etapas com identificação da redução de erros, espaços, custo, esforços e prazos que são responsáveis pelo impulso ao estado de melhoria e perfeição (GONÇALVEZ, 2009).

#### **2.2.4 Construção Enxuta e Sustentabilidade**

Atualmente, o setor da construção civil tem sua fundamentação pautada na construção enxuta e na sustentabilidade (KOSKELA; OWEN; DAVE, 2010). Por esta análise, seus processos metodológicos tem por objetivo suavizar os problemas

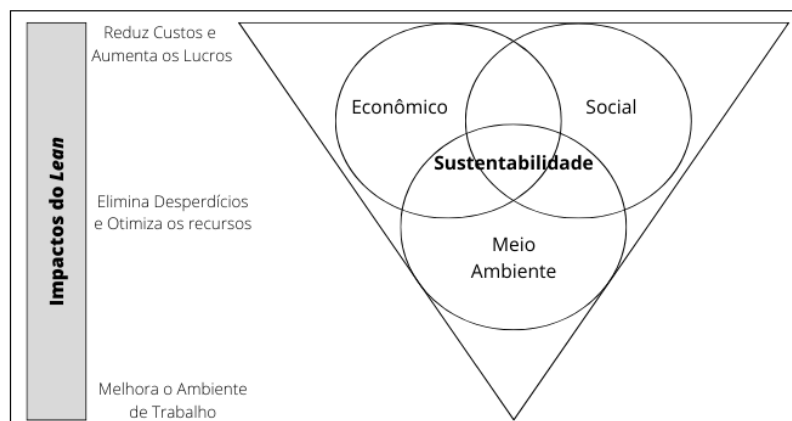
comumente associados a construção como atividades que alterem o comportamento ambiental resultando em ineficiência produtiva (ALMEIDA; PICCHI, 2017).

De acordo com Brundland et al (1987), o desenvolvimento sustentável atende as atuais necessidades ambientais sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Assim, ao implementar tal conceito na construção os sistemas de gestões ambientais corroboram pelas certificações sustentáveis levando em consideração a produção de resíduos, respeito ao solo, consumo hídrico, entre outros (ALMEIDA; PICCHI, 2017).

A implantação dos princípios do *Lean Construction*, é o principal resultado da adaptação do ideal sustentável ao setor da construção, sendo minimizado os problemas tradicionalmente encontrados pela introdução da performance produtiva (KOSKELA, 1992). Em suma, o *Lean* tem por objetivo a produção configurada de acordo com a demanda do consumidor e a redução de desperdícios agregados (ALMEIDA; PICCHI, 2017).

A prática da construção enxuta oferece a indústria da construção uma abordagem para melhorar a sustentabilidade otimizando os recursos, sua utilização, segurança humana durante as atividades de construção e minimizando desperdícios através de procedimentos padrão, como pode ser observado na (Figura 4) (NAHMENS; IKUMA, 2012).

Figura 4 - Efeito do *Lean* na sustentabilidade



Fonte: Autor, 2022 adaptado de NAHMENS; IKUMA 2012

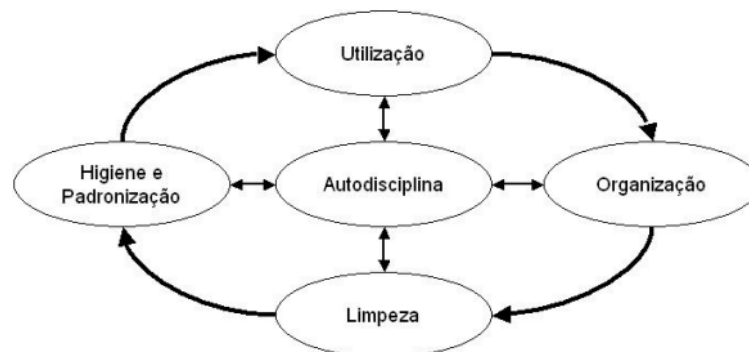
## 2.2.4 Aplicação da Construção Enxuta

Os princípios do *Lean Construction* podem ser implementados nas construtoras por meio de técnicas e ferramentas que auxiliam no combate ao desperdício nas organizações (KUREK *et al*, 2013). É essencial que sejam empregadas nas situações apropriadas e de uma forma sistemática. Dessa forma, é possível eliminar desperdícios e aprimorar constantemente a qualificação dos colaboradores e a performance da empresa. (FERREIRA, 2016). Abaixo estão algumas ferramentas do *Lean Construction*.

### 2.2.4.1 5S

A ferramenta mais empregada e notória, onde condiz a cinco palavras do dicionário Japonês, observados na (Figura 5), que se iniciam com S (GONÇALVEZ, 2009). Segundo Ferreira (2016), os 5S é composto por atividades que visam reduzir o desperdício e melhorar o desempenho da equipe e processos com base na manutenção de condições ideais de trabalho.

Figura 5 - Cinco Sentos



FONTE: LORENZON, 2008

1. **Senso de utilização (SEIRI)** – Nas palavras de Gonçalves (2009), é manter no posto de trabalho apenas os materiais e ferramentas úteis para a tarefa que será feita neste espaço, o que reduz o número de empecilhos no canteiro de obras. Este senso traz benefícios, tais como, facilidade de transporte e limpeza, mais espaço no local de trabalho, etc. (LORENZON, 2008).

2. **Senso de organização (SEITON)** – Identificar e organizar tudo, para que todos possam localizar facilmente as ferramentas e materiais, evitando assim, movimentos desnecessários (LORENZON, 2008).
3. **Senso de Limpeza (SEISO)** – Preservar o ambiente de trabalho o mais limpo possível, com todos os equipamentos no local correto (GONÇALVEZ, 2009).
4. **Senso de Padronização (SEIKETSU)** – Seguir os sentidos anteriores, padronizando as práticas de trabalho e a organização do espaço (GONÇALVEZ, 2009).
5. **Senso de Autodisciplina (SHITSUKE)** – Fazer dessa ferramenta, um hábito, que transforma o 5S em um estilo de vida definido pelo compromisso e educação. Desenvolver a prática de seguir as normas e procedimentos, para atender os critérios (LORENZON, 2008).

#### **2.2.4.2 Poka-yoke**

*Poka-yoke* auxilia os trabalhadores a evitar falhas no serviço, tais como, escolher a peça errada, montar uma peça incorretamente, esquecer um componente, etc. (LORENZON, 2008 *apud* LÉXICO LEAN, 2003). O chamado “*dispositivo à prova de erro*”, é um dos principais elementos do conceito básico de qualidade, que surgiu como ponto de partida da gestão *Lean* (FERREIRA, 2016).

De acordo com Shingo (1996), existem duas formas de utilizar o *Poka-yoke* para corrigir erros. Através do Método de Controle, parando a linha de processamento ou a máquina para se concertar o problema. E pelo Método de Advertência, acionando um alarme ou sinal, para alertar o colaborador.

#### **2.2.4.3 Kanban**

O *Kanban* é uma ferramenta do JIT, que é um método organizacional baseado na sinalização de etapas e processos de uma produção (a fazer, em andamento e feito), por meio de sinalizadores ou cartões (LIMA; RIBEIRO, 2020). Implementa funções de gestão de produção, mostrando quais ações imediatas e prioritárias que

devem ser tomadas para controlar o fluxo dos serviços na empresa. Sendo assim, a empresa pode se planejar para prevenir inúmeros problemas (QUEIJO, 2019).

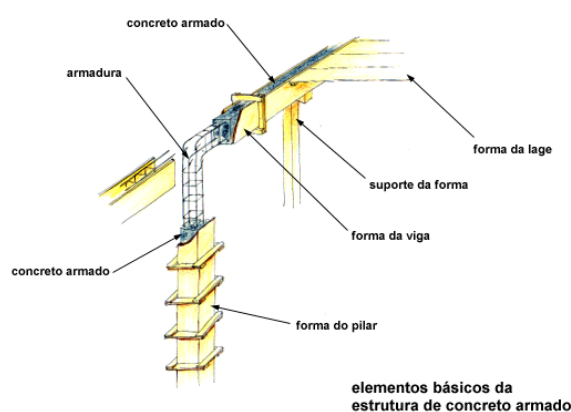
As principais características do sistema *Kanban* são: Melhoria contínua dos sistemas de produção; regula o fluxo de itens através do controle visual, de modo a realizar essas funções com precisão; facilita o trabalho administrativo; e a transmite a informação de maneira organizada e rápida. (SHINGO, 1996)

### 2.2.5 Comparativo entre construção enxuta e construção tradicional

A Construção Enxuta já demonstra ser altamente presente na comunidade científica de pesquisadores e suas aplicações práticas se expandem cada vez mais tanto no Brasil quanto no mundo. Pela quantidade de publicações, o crescente interesse em pesquisar e utilizar esta filosofia, verifica que ela se consolidará cada vez mais no meio acadêmico e empresarial (NERY *et al*, 2018)

Segundo Correia (2018), em países como o Brasil, a construção tradicional, visto na (Figura 6), ainda é predominante, nesse método a produção é definida como um conjunto de atividades que podem ser convertidas em insumos referentes aos produtos tanto parciais quanto finais. Como por exemplo: os insumos de linha base como, a fabricação do concreto e utilização de aços, para atividades intermediárias pode ser compreendida as vigas e pilares e como insumo final no que diz respeito as vinculações estruturais da edificação. Nesse sentido, a construção de uma edificação é composta por um conjunto de sistemas formado com elementos e seus respectivos componentes.

Figura 6 - Estrutura Convencional



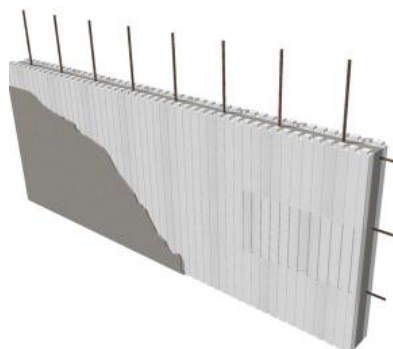
A principal diferenciação entre a construção tradicional e a construção enxuta está atrelada a origem conceitual. Para a construção enxuta, o processo de produção é na verdade um fluxo de materiais com início na coleta da matéria-prima e com finalização na entrega do produto para consumo. Ao longo do percurso são designadas tarefas de produção, onde aquelas atividades que desvaloriza o insumo são relatadas como atividades de fluxo. (CORREIA, 2018)

Dentro da construção enxuta há o desenvolvimento de novos sistemas construtivos para reduzir tempo, custo e melhorar o desempenho. Dentre eles, é válido apontar o método ICF, composto por formas de Poliestireno Expandido (EPS), material que, de acordo com a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (ABRAPEX), surgiu na Alemanha em 1949 (MOURA; SANTOS, 2019). O EPS possui a vantagem de substituir outros materiais mais poluentes e por conta disso se tornou uma solução sustentável, que notoriamente se populariza no Brasil e conseqüentemente no mundo. Vale ressaltar também que o EPS é um material 100% reciclável e é reutilizável (OLIVEIRA *et al.* 2018).

### 2.3 Sistema Construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF)

A Fôrma de Concreto Isolado, como mostra a (Figura 7), (do inglês - O ICF corresponde a uma solução para a construção civil atual, sensibilizada com o ecossistema, racionalização de energia, conforto térmico e acústico, além da redução de custos (ANTUNES; COSTA, 2021). Com o objetivo de criar uma estrutura simples, revolucionária, acessível, durável e autoportante que não colapsasse e somasse com propriedades térmicas e acústicas em se tratando da área de construção, foi criado o ICF (BASTOS, 2018).

Figura 7 - Demonstração ICF



Fonte: Isotex Dominicana, (2022).

Tal sistema é uma tecnologia empregada na construção civil que tem como consequência, maior rapidez nas obras, grande segurança estrutural e maior eficiência, que utiliza Formas Termo acústicas para Concreto Armado. Os blocos são formados por dois painéis em Poliestireno Expandido (do inglês: *Expanded Polystyrene* – EPS), de alta densidade, homogêneos por ligações (aço plástico) resultando em formas, que em seguida são preenchidas com concreto tornando a estrutura autoportante (SANTOS, 2020).

O sistema inovou a indústria da construção civil ao formar paredes de alta resistência com propriedades que superam as estruturas convencionais (ANTUNES; COSTA, 2021). A forma de concreto isolado tem grande potencial em edificações, baixa condutividade termo/acústica, redução do tempo de trabalho, alta remoção de resíduos e melhor rendimento dos colaboradores (BASTOS, 2018).

O ICF apareceu após a Segunda Guerra Mundial, no continente europeu, como maneira de baixo custo e sustentável para se reestruturar o que foi danificado, onde August Schnell e Alex Bosshard na Suíça, registraram a primeira patente, no qual se utilizava sedimentos de madeira reciclada e como material isolante o cimento. Em torno dos anos 1960, surgiram as primeiras fôrmas de EPS, tendo Werner Gregori patenteando em 1996, uma fôrma de concreto de espuma similar aos blocos de ICF vendidos nos dias de hoje (BASTOS, 2018 *apud* ICF Builder Magazine, 2011).

O sistema ICF chegou no Brasil por volta do ano de 1999 por um residente dos Estados Unidos com nacionalidade brasileira. De acordo com sua experiência, desenvolveu um desenho arquitetônico baseado no método norte-americano com características industriais, assim o método foi difundido no país. A partir desse momento, se ganhou notoriedade e começou a ser utilizado em pequenas construções e posteriormente média e grande construções, pode-se destacar a construção da Igreja Nossa Senhora do Caravaggio localizada em Rio Claro no estado de São Paulo, ilustrada na (Figura 8), e Shopping Popular localizado em Cuiabá no Mato Grosso (JESUS; BARRETO, 2018).

Figura 8 - Igreja Nossa Senhora do Caravaggio



Fonte: ISOCRET (2021).

### 2.3.1 Vantagens e desvantagens do Sistema ICF

O sistema construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF) apresenta diversas vantagens, porém, assim como qualquer outro, também apresenta desvantagens, e é de suma importância que se tenha ciência de todos os pontos positivos e negativos de determinado sistema construtivo, para que a construção seja seguida da melhor forma possível.

As vantagens do sistema ICF com extrema relevância estão associadas ao alto desempenho termoacústico, a capacidade de resistir a ações excepcionais (abalos sísmicos, terremotos, furacões, grandes tempestades, entre outros), redução de insumos com mão de obra, alta produtividade e possui material com facilidade transporte (JESUS; BARRETO, 2018). O ICF colabora com a redução do impacto ambiental referente ao processo de construção de edificações, além de conseguir reduzir de maneira significativa o desperdício de resíduos e aumenta a eficiência física e a capacidade energética ao longo da produção (BASTOS, 2018).

Uma desvantagem desse sistema construtivo está, em casos extraordinários, na distância entre o canteiro de obra e fornecedor de material sendo necessário gastos com variáveis decorrentes ao transporte. (BASTOS, 2018). Outros pontos negativos são a dificuldade para execução de reformas, já que seus fechamentos têm funções estruturais, limitando possíveis demolições e também a desconfiança e dificuldade de implementação em projetos novos, por ser um sistema ainda pouco difundido no mercado brasileiro, gerando desconfiança e dificuldade de implementação em projetos novos (PASSOS, 2021).

### **3. METODOLOGIA**

O método de uma pesquisa aborda os parâmetros da condução dos processos metodológicos com ênfase na apresentação e execução das etapas, além da busca por resoluções (LORENZON, 2008). Neste trabalho foi elaborado um estudo com caráter descritivo com enfoque na exposição de fenômeno estudado (YIN, 2005). Por esta razão, o estudo de caso apresenta uma investigação cuja interpretação é baseada no método indutivo (GIL, 2002). Neste tópico é apresentada a execução de uma obra residencial pelo método construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF), abordando suas principais etapas construtivas identificando características e viabilidade da aplicação da filosofia *Lean Construction*.

#### **3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

A metodologia aplicada se desenvolveu a partir da revisão bibliográfica, por levantamento de dados para o estudo do projeto com abordagem qualitativa. Foram realizados levantamentos bibliográficos referentes aos temas de Lean Construction pelo sistema construtivo ICF aplicada a construção civil. Para os levantamentos foram revisados materiais já desenvolvidos sendo estes artigos científicos, teses, dissertações, normas técnicas, revistas científicas e livros relevantes ao tema.

#### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO**

O projeto utilizado como base para realização do estudo foi obtido pela empresa JSL Engenharia na cidade de Augustinópolis - TO. Trata-se de uma residência unifamiliar de 51,13 m<sup>2</sup> distribuída em dois quartos, banheiro, varanda, sala/cozinha e lavanderia. Assim como mostra (Figura 9), apresentando o *layout* da planta baixa, a (Figura 10) sendo a vista frontal e (Figura 11) sendo uma perspectiva isométrica.

Figura 9 - Layout da Planta Baixa



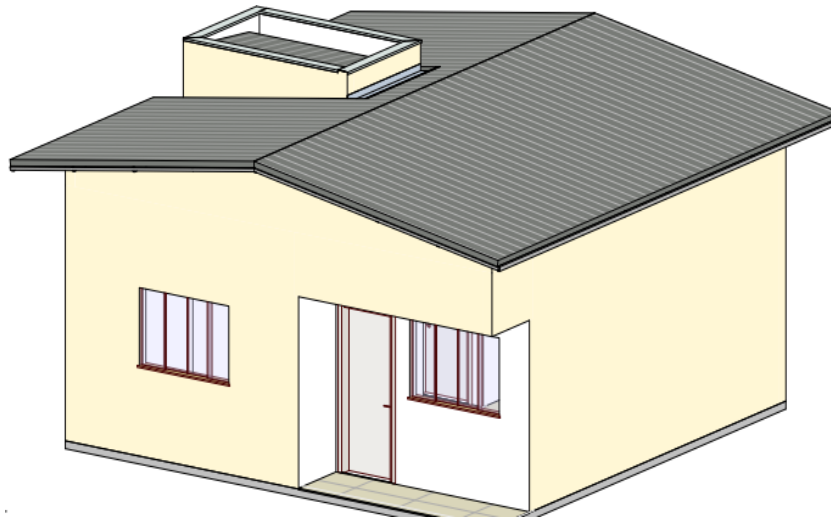
Fonte: JSL Engenharia (2022)

Figura 10 - Vista Frontal



Fonte: JSL Engenharia (2022)

Figura 11 - Perspectiva Isométrica

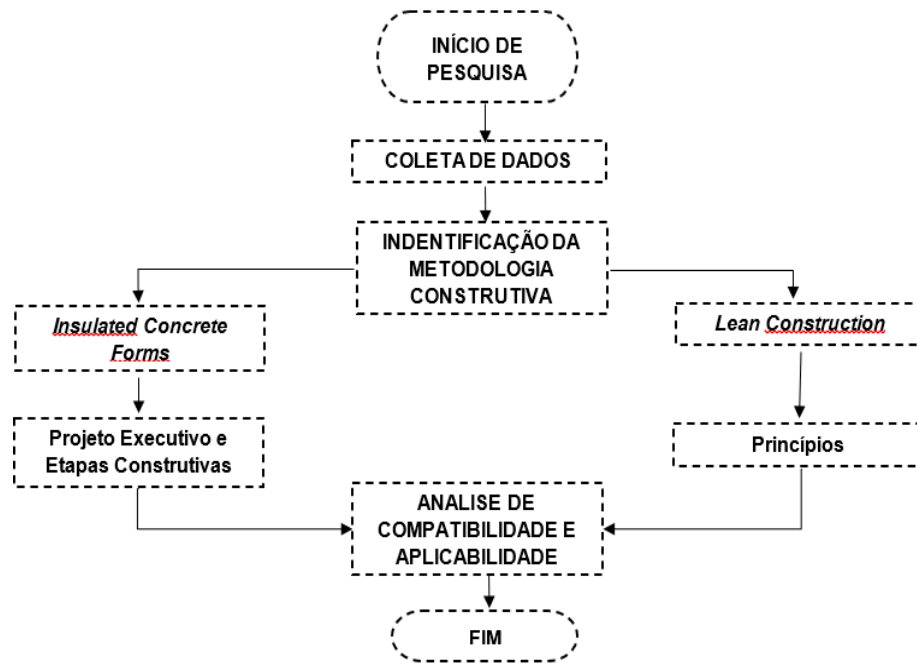


Fonte: JSL Engenharia (2022)

### 3.4 ETAPAS METODOLÓGICAS

O estudo foi iniciado com uma coleta de dados acerca das necessidades de implementação de novas metodologias construtivas na indústria da construção civil. Assim, foi analisada a aplicação do método construtivo ICF, juntamente com a filosofia *Lean Construction*, estipulando os principais pontos de compatibilidade. O Fluxograma (Figura 12) abaixo ilustra as etapas metodológicas utilizadas na pesquisa:

Figura 12 - Fluxograma de metodologia de pesquisa



Fonte: Autor (2022)

Como etapa final da metodologia, foi elaborado uma análise acerca da compatibilidade do ICF dentro do *Lean*, observando assim, o método construtivo e sua relação com os princípios da construção enxuta, tais como, reduzir o desperdício de material, economia de tempo e eliminação de atividades que não agregam valor.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na abordagem do estudo, foi acompanhado a execução de uma construção residencial unifamiliar, utilizando o sistema construtivo ICF na cidade de Augustinópolis - TO. Verificando a viabilidade por caráter técnico, econômico e sustentável da aplicação do método em compatibilidade com a filosofia *Lean*.

### 4.1 PROCESSO CONSTRUTIVO

O acompanhamento da execução da construção foi realizado por meio de registros fotográficos dos passos executivos e do sistema construtivo utilizado. Após a concretagem do contrapiso, foi realizado o esquadro e alinhamento da marcação das paredes principais como pode ser visto na (Figura 13).

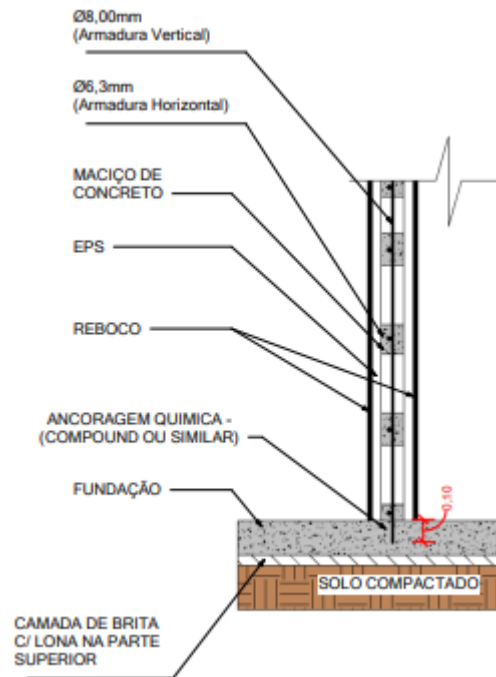
Figura 13 – Esquadro



Fonte: Autor (2022)

Ao encontrar o eixo das formas no esquadro, é delimitado o eixo das faces das paredes, assim com a marcação do posicionamento das fôrmas é iniciado o levantamento seguindo os arranques de 10 cm (centímetros). Para os arranques foi realizada uma ancoragem química, pode ser utilizado o material *compound* ou similar. Segundo Bastos (2018), a estrutura que compõe as paredes deve estar estruturalmente ligada à fundação, como pode-se observar na (Figura 14), assim permitirá a distribuição dos esforços impedindo qualquer tipo de recalque ou deslocamento.

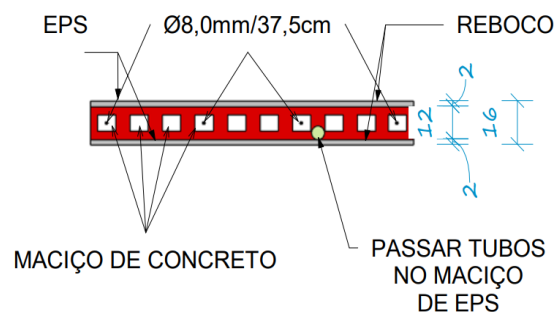
Figura 14 - Detalhamento da parede



Fonte: JSL Engenharia (2022)

O processo de ancoragem é iniciado após execução da etapa de fundação, é composto de armaduras verticais espaçadas a cada 37,5 cm de acordo com o projeto estrutural, com definição da bitola após cálculo do engenheiro estrutural, que nesse caso, foi utilizado 8,00 mm (milímetro) onde terão a função de arranque, como mostra a (Figura 15). Com as seguintes definições poderá ser iniciado o processo de levante das fôrmas de EPS de acordo com a (Figura 16), que possuem características tanto de vedação quanto estruturais, fazendo esse sistema construtivo ser autoportante.

Figura 15 - Estrutural



\*VERGALHÃO Ø6,3mm EM TODA SESSÃO HORIZONTAL  
IFORMS ICF VEDAÇÃO

Fonte: JSL Engenharia (2022)

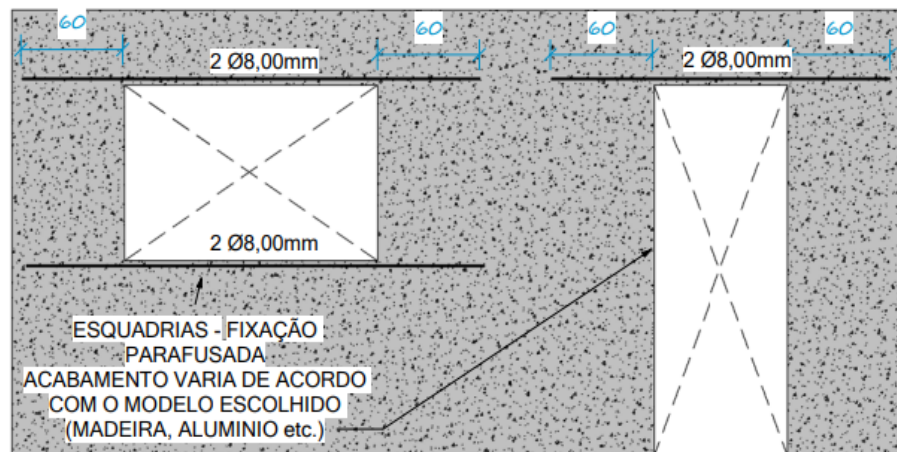
Figura 16 - ICF e barras de aço



Fonte: Autor (2022)

Com a finalização da colocação das formas de EPS, é feita as aberturas para as portas e janelas, sendo estas delimitadas por suas vergas e contra vergas, que devem ter espaçamento mínimo de 7 cm para o cobrimento do aço, como é observado na (Figura 17).

Figura 17 - Verga e Contraverga



Fonte: JSL Engenharia (2022)

Logo após é realizado o escoramento para iniciar a etapa de concretagem das formas, como mostra a (Figura 18). De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 6118:2014, o tempo mínimo para que as escoras sejam retiradas são da seguinte forma: em 7 dias a estrutura deve estar 100% escorada; em 14 dias – 60%; em 21 dias – 20 %; e em 28 dias poderá se retirar as escoras

totalmente. Na concretagem, conforme a (Figura 19), foi utilizado concreto fabricado in loco sendo composto por cimento, areia e brita 0. O traço utilizado corresponde à medida de 1:2:3 sendo um saco de cimento com 50 kg, duas padiolas com areia e três padiolas com brita 0, considerando uma padiola de 36 L.

Figura 18 - Escoramento



Fonte: Autor (2022)

Figura 19 - Concretagem



Fonte: Autor (2022)

As aberturas para as instalações são feitas de forma rápida, e sem gerar resíduos, seguindo as marcações no projeto, necessitando de um gerador de ar quente ou uma serra quente para furar o EPS, que foi o caso dessa construção, como se pode observar nas (Figuras 20 e 21).

Figura 20 - Aberturas



Fonte: JSL Engenharia (202)

Figura 21 - Instalações Hidráulicas



Fonte: JSL Engenharia (2022)

No caso de tubulações maiores que 100 mm, são utilizados *Shaft's*, pois não podem ir dentro das formas de EPS (BASTOS, 2018 *apud* ICF Construtora Inteligente, 2017). Após a finalização das instalações, é iniciado o processo de revestimento das paredes, momento no qual foi finalizado o acompanhamento, o chapisco é realizado com argamassa com aditivo, e com maquinário específico, como mostra a (Figura 22), e por fim o reboco, que nesse caso foi feito com 2cm de espessura, como pode ser observado na (Figura 23).

Figura 22 - Chapisco



Fonte: JSL Engenharia (2022)

Figura 23 - Reboco



Fonte: JSL Engenharia (2022)

## 4.2 Lean Construction e ICF

Seguindo os princípios do *Lean*, o ICF pode ser considerado um sistema enxuto, pois ele aumenta o valor do produto final pois, de acordo com suas vantagens, a metodologia entrega um alto desempenho em se tratando de conforto térmico e acústico.

Contribui para a redução do tempo necessário para executar uma construção pois elimina as atividades que não agregam valor e simplifica o número de etapas, como por exemplo, a alocação de bloco cerâmico e dispensando pilares e vigas, por ser um sistema construtivo em moldes com característica autoportante.

O ICF é um processo industrializado, sendo todas as suas formas fabricadas e chegam na obra na quantidade e de acordo com o projeto e cronograma, reduzindo assim, a variabilidade e desperdícios, agregando ainda mais valor para o sistema construtivo, contribuindo com maior eficácia nas obras.

### 4.2.1 Vantagens e Desvantagens

O sistema construtivo ICF mostra diversas vantagens, como foi acompanhado no decorrer do processo construtivo, tais como, racionalização de material e eficiência na execução. Ao se comparar com o método convencional visto que, não apresenta elementos pré-fabricados em sua composição, nesse sentido, o ICF demonstra maior avanço em sua tecnologia.

Além disso, suas principais contribuições relacionam-se a alta facilidade e agilidade ao ser manuseado e montado, onde segundo Santos (2020), o ICF é superior ao sistema construtivo tradicional economicamente e produtivamente, visto que, nesse método se faz o uso concreto armado e de tijolos cerâmicos implicando maior tempo de execução.

Outrossim, seus benefícios relativos às propriedades dos materiais como condução térmica e comportamento acústico corrobora com a interferência nas manifestações patológicas comumente encontradas na construção como, infiltração, bolor, entre outros.

Em segundo ponto, deve-se destacar a contribuição sustentável do sistema ICF levando em consideração seu potencial redutor em se tratando do consumo energético adquirido pelos sistemas de refrigeração. Nas palavras de Bastos (2018),

estima-se um percentual redutor equivalente a 20%, considerando características e climas predominantes em regiões.

Além disso, o sistema convencional gera muitos resíduos e retrabalhos para os colaboradores nas etapas de instalações devido aos recortes na alvenaria, diferente do que acontece no sistema ICF, como foi visto na figura 20 anteriormente, as instalações se fazem em aberturas executadas com serra quente, sem gerar resíduos e com alto grau facilidade. Dessa forma, o canteiro de obras se torna mais limpo e organizado, em contrapartida, no sistema convencional se faz necessário retrabalhos com limpezas e manutenções, aumentando o tempo do processamento.

Um ponto negativo, que vai contra os princípios *Lean* de aumentar a flexibilidade do produto final, o ICF torna demasiadamente caro fazer alterações na estrutura depois de pronto, pelo fato de ser totalmente concretado, sendo importante estar tudo bem definido em projeto, antes de executar.

Outra questão são os fornecedores de materiais no país, visto que são pouco ofertados, como foi presenciado no acompanhamento da execução, indo contra dois princípios dos 7 desperdícios, fazendo com que tenha necessidade de transportes, ou espera, caso ocorra algum imprevisto na entrega, gerando maiores custos e atraso.

Por fim, o sistema construtivo ICF ainda pode gerar insegurança, uma vez que, não há uma norma específica sobre o mesmo, e ser um sistema que encontra-se pouco conhecido na indústria de construção no Brasil, ocasionando adversidade na execução de novos projetos.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho estudou a implementação da industrialização na construção civil, buscando maior sustentabilidade, economia, e produtividade, substituindo os métodos tradicionais e buscando ferramentas e filosofias que inovem os métodos convencionais, como por exemplo, o sistema construtivo Insulated Concrete Forms - ICF e a filosofia Lean Construction (Construção Enxuta).

Para se atingir uma compreensão do estudo da viabilidade técnica, econômica e de sustentabilidade fundamentados pela filosofia Lean Construction, por meio da implantação do sistema construtivo Insulated Concrete Forms para o setor brasileiro de construção civil, foi ratificado a viabilidade da aplicação da metodologia Lean Construction no sistema construtivo brasileiro, verificando que a filosofia trás inúmeras vantagens para a construção, como maior valor para o cliente, menos desperdícios de materiais, tempo e transporte, melhoria contínua e redução de variabilidade.

Ao se analisar a metodologia do sistema construtivo ICF e sua aplicabilidade, permitiu concluir que sua implementação possui um excelente custo-benefício, diante de maior produtividade, redução de mão de obra, sustentabilidade, desempenho térmico e acústico, e uma redução da parcela de atividades que não agregam valor, fazendo do ICF um sistema enxuto, diferente do que ocorre nos métodos construtivos convencionais.

Com isso, mesmo com diversas vantagens, o ICF ainda é um sistema que possui desafios para sua implementação, por ser pouco difundido no Brasil, trazendo insegurança para quem pretende construir. Todavia, com maior incentivo e maior exposição do método o sistema se tornará amplamente utilizado, como por exemplo, o incentivo no setor de fabricação de insumos, que poderia oferecer maior disponibilidade de materiais nas principais regiões do país com alto índice de investimentos construtivos.

Em pesquisas futuras, propõe-se o estudo de edificações com muitos pavimentos construídos com ICF, a estimativa real da diminuição de resíduos e atividades, em relação ao sistema convencional. Além disso, sugere-se a criação de uma norma regulamentadora para o sistema construtivo Insulated Concrete Forms.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. L. G. de; PICCHI, F. A. **Relação entre construção enxuta e sustentabilidade**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 91-109, 2017.
- ANTUNES, D. A. L; COSTA, J. C. J. **Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional e *insulating concrete forms* (ICF)**. 2021. 62f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2021.
- ARAÚJO, G. M; SODRÉ, W. W. B. **Análise da viabilidade entre o sistema construtivo em alvenaria convencional e *insulated concrete forms* (ICF): uma revisão de literatura**. SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 12.; SEMINÁRIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU, 3. Londrina: Editora Científica, 2021.
- BARREIROS, N. R. **Técnicas de gestão do sistema toyota de produção**. Revista Gestão Industrial, Paraná, v. 05, n. 01, p. 1-17, 2009.
- BASTOS, A. P. J. **Análise de viabilidade econômica do método construtivo *insulated concrete forms* para construção de habitações**. 2018. 68f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.
- CALLEFI, J. S; CRUBELLATE, J. M. **O Sistema Toyota de Produção: institucionalismo comunicativo e a cultura organizacional**. Revista Gestão & Tecnologia, Pedro Leopoldo, v.20, n. 1, p. 209-229, 2020.
- CORREIA, J. V. F. B. **Contextualização dos princípios da construção enxuta: aplicação da filosofia enxuta do sistema Toyota de produção na indústria da construção civil em exemplos práticos**. Ciências exatas e tecnológicas, Aracaju, v. 4, n. 3, p. 29-38, 2018.
- FERREIRA, J. A. G. **Aplicação dos princípios LEAN MANAGEMENT ao projeto de moldes para injeção**. 2016. 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica-Produção Industrial) – Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 2016.
- FERREIRA, T. C. et al. **Análise da aplicação da construção enxuta em microempresa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió, Alagoas. **Anais...**Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-8.
- GHINATO, P. **Sistema toyota de produção – mais do que simplesmente just in time**. 1. ed. EDUCS. Caxias do Sul, 2000.
- GOMES, I. P. et al. **Construção enxuta e sustentabilidade**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Curso de Engenharia Civil. Goiânia, 2020.

GONÇALVES, W. K. F. **Utilização de Técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras**. 2009. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

JESUS, A. T. C; BARRETO, M. F. F. M. **Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf)**. Engineering Science, v. 3. 7 ed. 2018.

KUREK, J. *et al.* **Implantação dos princípios da Construção Enxuta em uma empresa construtora**. Revista de Arquitetura da IMED, v. 2, n.1, p. 20-36, 2013.

KOSKELA, L; OWEN, B; DAVE, B. **Lean construction, building information modelling and sustainability**. Malmo, Suíça, 2010.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report nº 72, CIFE, Stanford University, 1992.

LIMA, J. O; RIBEIRO, K. A. **Implantação da construção enxuta na indústria da construção civil**. Revista Gestão Empresarial – RGE, v. 6, n. 2, p. 64-81, 2020.

LORENZON, I. A. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudo de caso**. 2008. 221f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MEDEIROS, A. P. **Aplicação de iniciativas lean no desenvolvimento de produtos da indústria de móveis**. 2010. 294f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial e Gestão) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

MENDES, J. M; RODRIGUES, P. B. F. **Comparativo de custo e produtividade dos métodos construtivos em EPS e concreto armado**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Curso de Engenharia Civil. Goiânia, 2021.

MENDONÇA, G. S. **A contribuição da produção enxuta para a construção civil**. Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. Sergipe, 2015.

MOURA, J. V. S; SANTOS, M. T. F. **A utilização do poliestireno expandido (EPS) na construção civil**. 2019. 61f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2019.

MULLER, C. J. **A evolução dos sistemas de manufatura e a necessidade de mudança nos sistemas de controle e custeio**. 1996. 227f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

NAHMENS, I; IKUMA, L. H. **Effects of lean construction on sustainability of modular homebuilding**. Journal of Architectural Engineering. Junho, 2012.

NERY, V. F. S. O. *et al.* **Produção Enxuta e Construção Enxuta: um paralelo entre técnicas**. Exacta - EP, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2018.

OHNO, T. **O sistema toyota de produção: além da produção em larga escala**. 1. ed. Bookman, 1978.

OLIVEIRA, M. R. S; SILVA, R. A. A. **Análise do método kanban e just time na racionalização e qualidade na construção do SESI em Açailândia – MA**. Revista Acta Tecnológica Favale, v. 1, n. 1, p. 28-33, 2022.

PASSOS, F. A. S. **Análise de viabilidade econômica do sistema construtivo insulated concrete forms para habitações de interesse social**. 2021. 86f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

PEREIRA, F. T. **Sistema construtivo ICF: Planejamento de uma residência em Balsas – MA**. 2021. 87f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2021.

PONCIANO, A. P. S; SILVA, G. L. **Estudo comparativo entre sistemas de construção de alvenaria convencional e monolite**. 2020. 61f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2020.

QUEIJO, T. C. **Aplicação de kanban ágil na gestão de informações em canteiro de obras**. 2019. 19f. Monografia (MBA em Gestão de Negócios com Ênfase em Gerenciamento de Projetos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

REIS, C. C. C. et al. **Construção enxuta, proposta de diagnóstico e análise do canteiro de obras**. Revista da FAE, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 42-58, 2017.

RODRIGUES, J. M V. **Análise comparativa da emissão de CO2 decorrentes dos sistemas construtivos: alvenaria de blocos cerâmicos e insulated concrete forms (ICF)**. 2021. 52f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2021.

SANTOS, L. L. M. et al. **Construção enxuta aplicada a construção civil**. Rede – Revista Expressão da Estácio, v. 3, p. 13-36, 2020.

SANTOS, T. C. C. **Sistema construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF): estudo de caso viabilidade técnica, econômica e sustentabilidade na construção civil**. 2020. 89f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2020.

SILVA, E. N; MELLO, L. C. B. B. **Proposta de um sistema de gestão integrado os princípios da construção enxuta (*Lean Construction*) aos aspectos da gestão da qualidade, segurança, meio ambiente e saúde operacional, com o foco nas empresas de pequeno porte da construção civil**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 79384-79414, 2021.

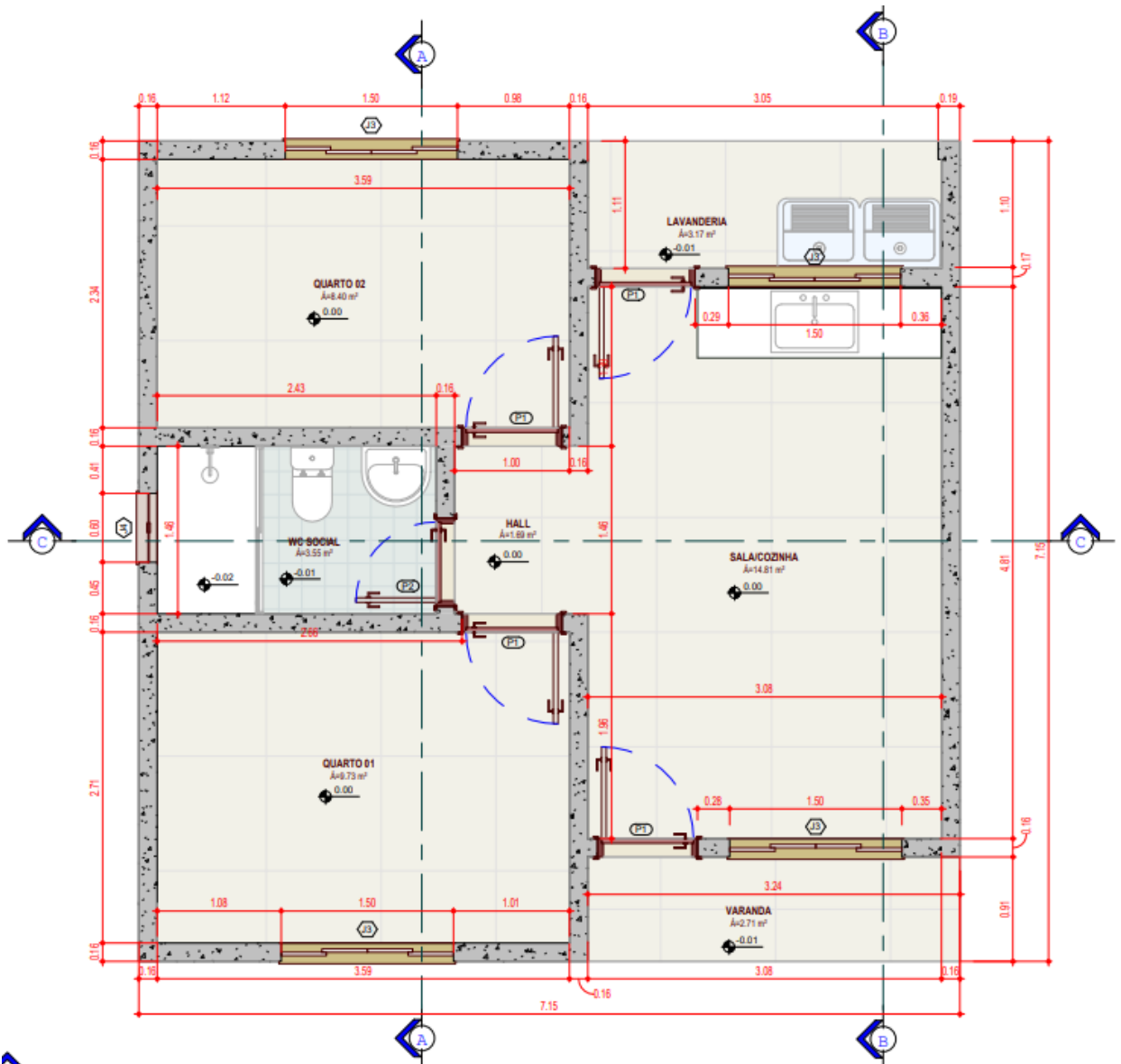
SILVA, E. Z. **Um modelo de guia para a preparação da implementação da produção enxuta baseado na aprendizagem organizacional.** 2008. 310f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

VIVAN, A. L; PALIARI, J. C; NOVAES; **Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva.** XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Canela, 2010.

WIGINESCKI, B. B. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso.** 2009. 155f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

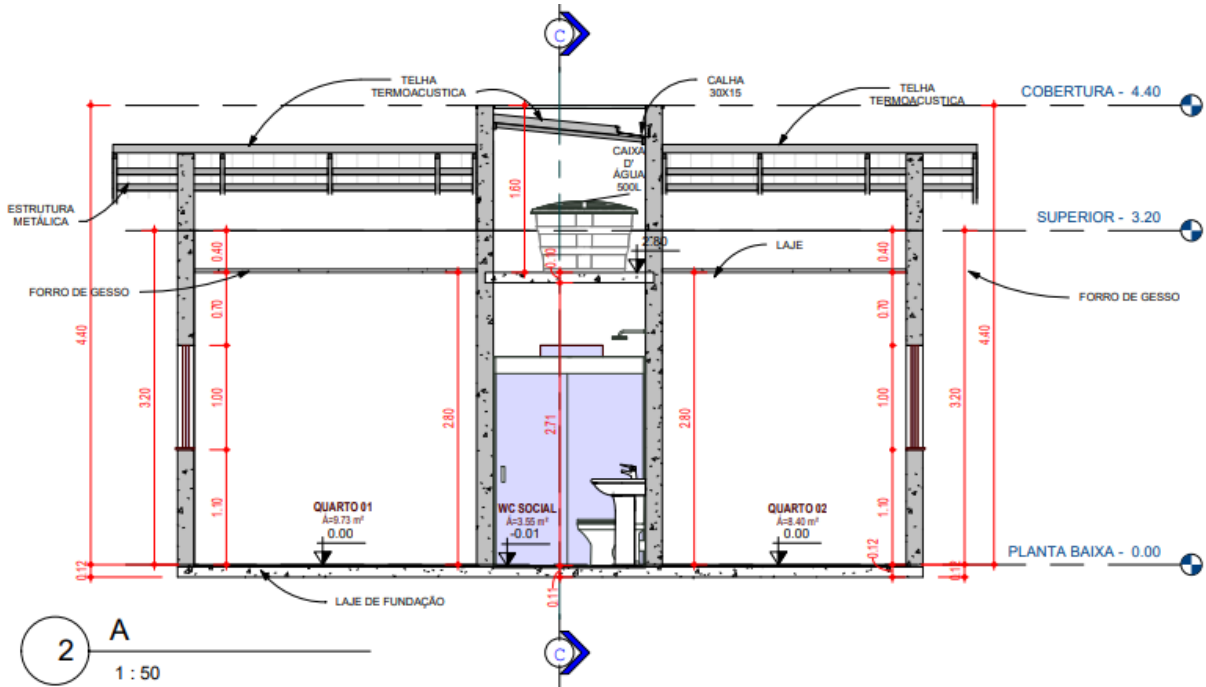
**ANEXOS**

Figura 24 - Planta Baixa



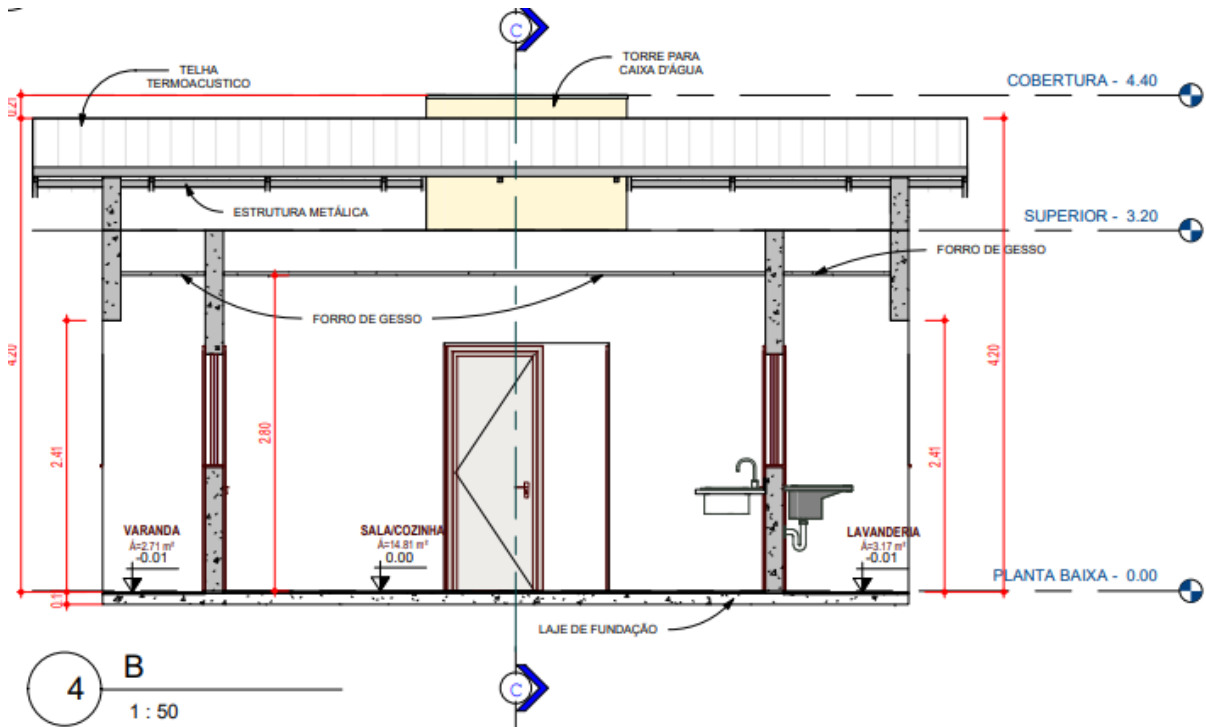
Fonte: JSL Engenharia (2022)

Figura 25 - Corte Longitudinal A



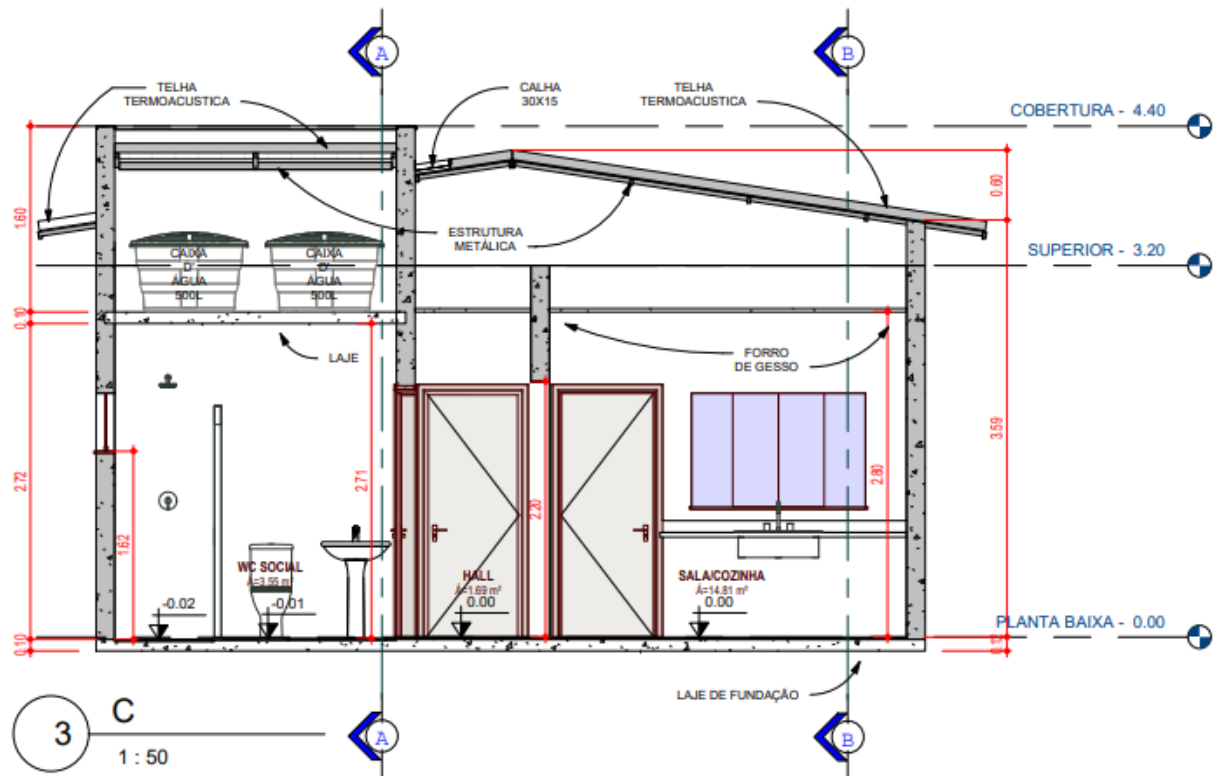
Fonte: JSL Engenharia (2022)

Figura 26 - Corte Longitudinal B



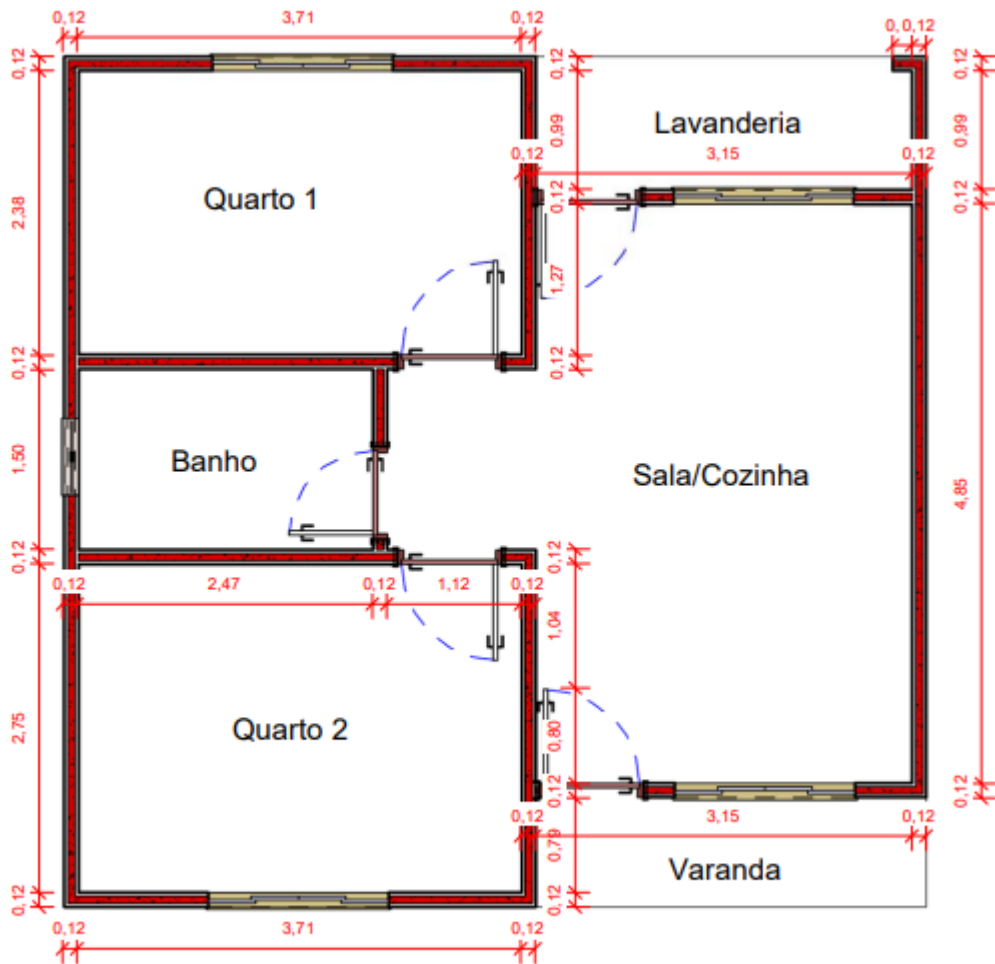
Fonte: JSL Engenharia (2022)

Figura 27 - Corte Transversal C



Fonte: JSL Engenharia (2022)

Figura 28 - Planta Estrutural Térrea



01 TÉRREO  
1 : 50

Fonte: JSL Engenharia (2022)