

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

MATHEUS PALMA SANTOS

MELHORIA DE PROCESSOS EXECUTIVOS PELO MÉTODO *LEAN*  
*CONSTRUCTION* EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO  
EM JOINVILLE/SC

Joinville

2024

MATHEUS PALMA SANTOS

MELHORIA DE PROCESSOS EXECUTIVOS PELO MÉTODO *LEAN*  
*CONSTRUCTION* EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO  
EM JOINVILLE/SC

Trabalho apresentado como requisito para  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil de Infraestrutura, no  
Centro Tecnológico de Joinville, da  
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dra. Valéria Bennack

Joinville

2024

MATHEUS PALMA SANTOS

MELHORIA DE PROCESSOS EXECUTIVOS PELO MÉTODO *LEAN*  
*CONSTRUCTION* EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO  
EM JOINVILLE/SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia civil de infraestrutura, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville (SC), 02 de julho de 2024.

**Banca Examinadora:**

---

Dra. Valeria Bennack  
Orientadora/Presidente

---

Dra. Anelize Borges Monteiro  
Membro(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Fernanda Carolina Borges  
Engenheira Civil

Dedico este trabalho de conclusão de curso à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e à toda a minha família, em especial meus pais, Ana e William, que sempre me deram suporte, tanto no âmbito pessoal como acadêmico, desde os meus primeiros momentos. Vocês são a razão pela qual eu sou quem sou como pessoa e como profissional. Certamente sem vocês nada disso seria possível.

Agradeço ao meu amor, Karoline, por estar sempre ao meu lado, me incentivando e motivando a ser uma pessoa melhor. Você faz parte disso.

Agradeço aos grandes amigos que fiz durante a faculdade, que tornaram essa experiência ainda mais divertida e enriquecedora, e aos meus professores pelos momentos singulares de aprimoramento pessoal, acadêmico e profissional. Agradeço à minha orientadora pelo suporte, correções e motivações.

Agradeço aos amigos que fiz no trabalho, pela ajuda, pelas dúvidas respondidas e pelos incentivos durante toda a minha trajetória

A todos que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram com minha jornada, os meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Para ganhar visibilidade e destaque no amplo mercado da construção civil, qualidade e produtividade são essenciais na execução dos empreendimentos. A otimização de processos se mostra uma das principais formas de alcançar um alto padrão. Este trabalho tem como objetivo analisar dados relacionados às melhorias de processos executivos realizadas através do método *Lean Construction* em uma obra de alvenaria estrutural. Detalham-se os processos executivos das estruturas em alvenaria estrutural, assim como os princípios do *Lean Construction* aplicáveis ao caso. A abordagem metodológica adotada é qualitativa, com a estratégia de estudo de caso, acompanhando procedimentos executados em uma obra predial-residencial realizada por uma construtora sediada em Joinville/SC. Através do estudo, foram identificados os desperdícios e disfunções existentes nos processos executivos da obra, bem como os métodos de melhoria capazes de otimizar a produção. Ao final, é apresentada uma comparação entre o estado anterior e posterior às melhorias implementadas.

**Palavras-chave:** Alvenaria Estrutural; Construção enxuta; Melhoria de processos.

## **ABSTRACT**

To gain visibility and prominence in the broad construction market, quality and productivity are essential in project execution. Process optimization proves to be one of the primary ways to achieve high standards. This study aims to analyze data related to improvements in executive processes achieved through Lean Construction methods in a structural masonry project. It details the executive processes involved in structural masonry, as well as the Lean Construction principles applicable to the case. The adopted methodological approach is qualitative, using a case study strategy to follow procedures executed in a residential building project carried out by a construction company based in Joinville/SC, Brazil. The study identifies existing waste and dysfunctions in the project's executive processes, along with improvement methods capable of optimizing production. Finally, a comparison is presented between the project's previous and after the implemented improvements.

**Keywords:** Structural Masonry. Lean Construction. Process Improvement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema estrutural das construções em pedra	17
Figura 2 - Edifício Monadnock	17
Figura 3 - Bloco vazado de concreto simples	20
Figura 4 - Variações máximas das espessuras das juntas de argamassa	22
Figura 5 - Assentamento de bloco estrutural com os cordões de argamassa	22
Figura 6 - Fiadas da alvenaria	23
Figura 7 - Estrutura do Sistema Toyota de produção	25
Figura 8 - Fachada do empreendimento	32
Figura 9 - Implantação do Empreendimento	32
Figura 10 - Planta baixa do pavimento tipo	33
Figura 11 - Cobertura das torres 1 e 2	33
Figura 12 - Detalhamento da cobertura das torres	34
Figura 13 - Legenda das resistências por pavimento	34
Figura 14 - Representação das resistências por pavimento	35
Figura 15 - Registros da análise	37
Figura 16 - Análise das ações	38
Figura 17 - Saída da equipe para o intervalo	38
Figura 18 - Retorno gradual da equipe após às 13h00	39
Figura 19 - Retorno efetivo da equipe às 13h20	39
Figura 20 - Quadro <i>Check-In</i> e <i>Check-Out</i>	46
Figura 21 - Armazenamento de lajes	47
Figura 22 - Armazenamento de Ardósias e Vergas	47
Figura 23 - Fluxograma da equipe	48
Figura 24 - Carrinho de blocos	49
Figura 25 - Disposição dos materiais	50
Figura 26 - Exemplos de cortes de blocos	51



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atividades realizadas pelos colaboradores .....	37
Tabela 2 – Atividades mais evidenciadas no período.....	42
Tabela 3 – Análise de desperdícios .....	51

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado da análise multi-momento .....	40
Gráfico 2 – Resultado análise multi-momento .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NBR – Norma Brasileira

RH – Recursos Humanos

KPIs – *Key Performance Indicators*

JIT – *Just in Time*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1. OBJETIVOS .....	14
1.1.1. Objetivo Geral .....	14
1.1.2. Objetivos Específicos .....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1. Evolução histórica do método construtivo em alvenaria estrutural .....	16
2.2. Conceitos da alvenaria estrutural .....	19
2.2.1. Componentes e elementos da alvenaria estrutural.....	19
2.3. Processos executivos em alvenaria estrutural.....	21
2.4. Metodologia <i>Lean</i> .....	24
2.4.1. <i>Lean Construction</i> .....	26
2.4.2. Ferramentas utilizadas no método <i>Lean Construction</i> .....	27
3. METODOLOGIA .....	30
3.1. Contexto do estudo .....	30
3.2. Etapas de estudo .....	30
3.3. Objeto de estudo.....	31
4. APRESENTAÇÃO DE DADOS .....	36
4.1. Etapa 1: Análise das rotinas e dos desperdícios .....	36
4.2. Etapa 2: Propostas de melhorias para mitigar desperdícios identificados ..	42
4.2.1. Condições adequadas para receber a empreiteira.....	42
4.2.2. Acompanhamento da produção .....	43
4.2.3. Movimentação excessiva fora do pavimento .....	44
4.2.4. Treinamento de 5S.....	44
4.2.5. Transporte de blocos e falta de organização dos materiais e equipamentos no pavimento .....	44
4.2.6. Central de corte .....	45

4.2.7. Reavaliar horários de funcionamento.....	45
4.3. Etapa 3: Mudanças realizadas .....	45
4.3.1. Acompanhamento da produção .....	45
4.3.2. Movimentação excessiva fora do pavimento.....	46
4.3.3. Treinamento de 5S .....	47
4.3.4. Transporte de blocos e falta de organização dos materiais e equipamentos no pavimento .....	48
4.3.5. Blocos cortados .....	50
5. CONCLUSÃO .....	53
5.1. Sugestões de trabalhos futuros .....	53
REFERÊNCIAS .....	54
ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DE CORTE DE BLOCOS .....	56

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste num estudo de caso que analisa processos executivos de uma obra de edifício residencial em alvenaria estrutural, com o objetivo de identificar fatores que geram atrasos e disfunções na execução dos empreendimentos. A partir disso, busca-se apresentar formas de melhorias de processos sob a ótica do *Lean Construction* (“Construção Enxuta”), metodologia aplicável à industrialização na construção civil (OHNO, 1997).

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo de grande importância e que remete aos primórdios da atividade humana na construção de estruturas. A utilização de blocos feitos de materiais como argila, pedra e outros componentes, possibilitou a criação de obras que resistiram ao tempo e atingiram, na atualidade, a concepção de verdadeiros monumentos históricos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

No Brasil, as crescentes dificuldades decorrentes do aumento gradual da competição e das demandas construtivas trazem às empresas do setor da construção a necessidade de revisarem suas estratégias, para implementação de melhorias na produtividade por meio da adoção de alternativas que promovam a racionalização dos processos (MOHAMAD, 2020).

O sistema construtivo de alvenaria estrutural, por si só, é utilizado de forma ampla no mercado em razão das vantagens econômicas que proporciona. Com ele é possível otimizar tarefas através de técnicas executivas simplificadas e facilitar o controle das etapas de produção, eliminando interferências e reduzindo desperdícios de materiais (MOHAMAD, 2020).

No intuito de minimizar riscos ao tipo de construção, a NBR 16868-2:2020 estabelece procedimentos essenciais à correta execução de obras em alvenaria estrutural. Trata-se das diretrizes relacionadas ao projeto, ao controle de obras, aos métodos de ensaio, à estrutura em situação de incêndio e aos projetos para ações sísmicas. No presente caso, será aprofundado os processos de controle de materiais, componentes da alvenaria e de execução, com vistas às melhorias de suas etapas.

O método *Lean Construction* advém da metodologia *Lean Production*, produto dos ideais toyotistas, e tem como intenção principal aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa dos desperdícios na construção civil. Segundo Arantes (2008), o conceito de desperdício deve ser entendido como qualquer atividade

que absorve recursos, mas não acrescenta valor ao produto final. Com base no ideal da construção enxuta, os desperdícios associados ao processo produtivo se dão pela superprodução, o tempo de espera, os transportes desnecessários, os processamentos desnecessários, *stocks*, movimentos e defeitos (OHNO, 1997).

Neste estudo foram analisadas imagens gravadas das etapas de execução de uma obra em alvenaria estrutural conduzida por uma construtora da cidade Joinville/SC. O objetivo foi identificar os desperdícios presentes na prática e os desafios de produtividade, a fim de propor novas abordagens para aprimorar os processos.

As propostas estão embasadas nos princípios do *Lean Construction* e visam diminuir o tempo das etapas de desenvolvimento e aumentar a eficácia e qualidade da produção. Ao final, apresenta-se um comparativo dos processos pós-implementação das propostas, evidenciando a eficácia do método para a indústria da construção civil.

## 1.1. OBJETIVOS

Para resolver a problemática relacionada à produtividade e qualidade na execução de obras em alvenaria estrutural realizadas por uma construtora da cidade de Joinville/SC, propõe-se os seguintes objetivos.

### 1.1.1. Objetivo Geral

Analisar a execução de processos empregados em uma obra de alvenaria estrutural predial-residencial a fim de apresentar propostas de melhorias a partir dos ideais do *Lean Construction*.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Delimitar o conceito de alvenaria estrutural e os processos de execução pré-estabelecidos pela norma brasileira, a fim de evidenciar as etapas realizadas na obra objeto de estudo;
- Apresentar o método *Lean Construction* e detalhar seus princípios, com vistas à aplicação nos processos executivos da obra;

- Retratar os procedimentos executados pelos colaboradores e identificar desperdícios existentes na produção;
- Apresentar propostas de melhorias de processos e evidenciar os resultados obtidos com a aplicação da metodologia *Lean Construction* na obra objeto de estudo.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo aborda-se a evolução histórica do método de construção de estruturas em alvenaria estrutural, iniciando-se pelas simples técnicas de empilhamento de blocos na antiguidade até os avanços contemporâneos já normatizados. Além disso, apresenta-se a metodologia *Lean Construction* e sua influência na modernização de processos executivos, com enfoque na redução de desperdícios e na eficiência produtiva à construção civil.

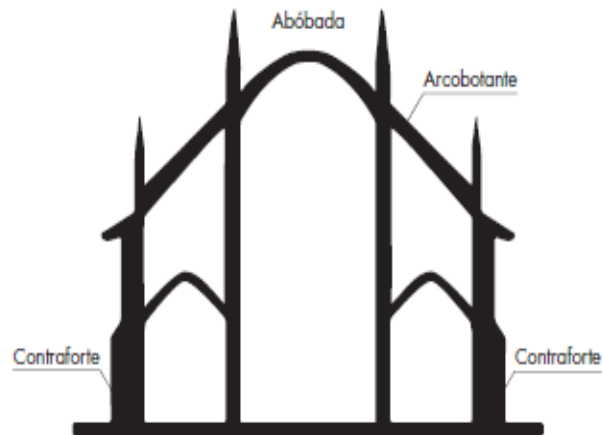
### 2.1. Evolução histórica do método construtivo em alvenaria estrutural

Desde o início da humanidade, as construções marcam a história devido aos seus aspectos arquitetônicos e estruturais, compostos por blocos de pedra ou cerâmicos intertravados (MOHAMAD; 2020). De forma resumida, percebe-se que o sistema construtivo se desenvolve com o empilhamento puro e simples de unidades, sendo elas os blocos ou tijolos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

A alvenaria estrutural, por se tratar de um método executivo que existe há milhares de anos, originou-se com o conhecimento empírico, baseado tão somente na experiência dos construtores (MOHAMAD; 2020). Em sua fase inicial, os principais pontos negativos relacionados ao método advinham da existência de vãos, que, para serem esgotados, demandavam a utilização de materiais auxiliares, tais como pedras e vigas de madeira. Por vezes, esses materiais apresentavam vida útil relativamente menor aos blocos, de modo que, sob tensão, ocorria a ruptura da estrutura. Inclusive, essa é a razão pela qual muitas das construções da antiguidade não são vistas hoje em sua perfeição (SMITH; HONKALA; ANDRES, 1979).

Com o desenvolvimento do sistema construtivo, surgiu como alternativa para resolução dessas limitações a execução dos vãos em arcos, pois garantia-se a não ocorrência de tensões de tração dos valores consideráveis. Esse estilo de arquitetura permitia a combinação de efeitos de compressão e absorvia esforços horizontais – oriundos da ação dos ventos – por meio de contrafortes e arcobotante (RAMALHO; CORRÊA, 2003). O exemplo mais marcante desse tipo de execução foram as catedrais góticas, conforme demonstra a Figura 1.

Figura 1 - Esquema estrutural das construções em pedra



Fonte: MOHAMAD (2020)

Já no final do século XIX, segundo Hendry (1990), verificava-se que os edifícios que utilizavam a alvenaria estrutural apresentavam uma espessura excessiva de paredes. Na Figura 2 tem-se o exemplo do edifício Monadnock, construído em Chicago, nos Estados Unidos, entre os anos 1889 e 1891, com estrutura de 16 pavimentos e 65 metros de altura, que, mesmo sendo um marco para a execução em alvenaria estrutural, tem paredes de base com espessura de 1,8 metros, enquanto, se fossem dimensionadas com os conhecimentos atuais, não ultrapassariam 30 centímetros (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 2 - Edifício Monadnock



Fonte: BARNES; CROSBY, sem data.

Por conta desses aspectos, o método construtivo mostrava-se de difícil racionalização no processo executivo e apresentava limitações de organização espacial, a se tornar lento e de custo elevado (MOHAMED, 2020). Assim, deu-se espaço às estruturas metálicas e em concreto armado que, em conjunto com o aprimoramento do cimento e do aço, permitiram a ocupação de uma área menor e um custo reduzido, fazendo-se predominantes nas obras da construção civil (CARVALHEIRO, 2015).

Somente com o avanço da tecnologia, principalmente na Suíça, na década de 1950, deu-se início às normatizações que possibilitaram calcular as espessuras necessárias das paredes e as resistências das alvenarias, baseadas em cálculos racionais e experimentos em laboratórios. O sucesso nos empreendimentos executados fez do país o precursor no ressurgimento dos edifícios em alvenaria estrutural em toda a Europa (CAVALHEIRO, 2015).

As décadas seguintes ficaram marcadas por pesquisas aprofundadas para otimização do método construtivo. O objetivo era aperfeiçoar os modelos matemáticos de cálculo, em especial os projetos de resistência de cargas estáticas e dinâmicas, como o vento e sismos, e também das cargas excepcionais, como explosões de gás e impactos acidentais sobre elementos estruturais (MOHAMED, 2020). Em países como Estados Unidos e Alemanha, a alvenaria estrutural atingiu níveis de cálculo, execução e controle similares aos aplicados em estruturas metálicas e de concreto, consistindo, assim, em um sistema econômico e competitivo, por ser de fácil racionalização, versátil e industrializável (CAVALHEIRO, 2015).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), no Brasil, a técnica surgiu no final da década de 1960 e os primeiros edifícios foram executados em blocos de concreto. Os blocos cerâmicos, nas obras de alvenaria, começaram a tomar lugar somente na década de 1980, quando foram introduzidos blocos modulares e furos nas verticais que proporcionavam a passagem de instalações elétricas sem o rasgo comumente feito nas obras (MOHAMED, 2020).

Desse modo, assim como nos países europeus, o sistema de obras em alvenaria estrutural firmou-se no país e se mostra como uma alternativa eficaz tanto para edificações residenciais como industriais (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

## **2.2. Conceitos da alvenaria estrutural**

A alvenaria, em sua função principal, tem como objetivo estabelecer a separação entre os ambientes, sobretudo entre o interno e o externo. Suas principais propriedades são ligadas à resistência – à umidade e aos movimentos térmicos, à pressão do vento e à infiltração de água pluvial (NASCIMENTO, 2004). Nesse cenário, o método construtivo em alvenaria estrutural tem elementos pensados e dimensionados para atender tais finalidades.

Segundo Tauil e Nese (2010), na alvenaria estrutural não se utilizam pilares e vigas, pois são as paredes que compõem a estrutura e distribuem cargas uniformemente ao longo das fundações. Essas estruturas podem ser divididas em três tipos:

- Alvenaria estrutural não armada: método que não recebe graute, mas utiliza reforços de aços, como barras, fios e telas;
- Alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada: quando recebe reforços através de barras e telas de aço nos vazios dos blocos, assim como pelo grauteamento, que preenche todas as juntas verticais; e
- Alvenaria estrutural protendida: decorrente de uma armadura pós-tensionada, sendo, portanto, ativa (pré-tensionada), o que submete a alvenaria a esforços de compressão.

### **2.2.1. Componentes e elementos da alvenaria estrutural**

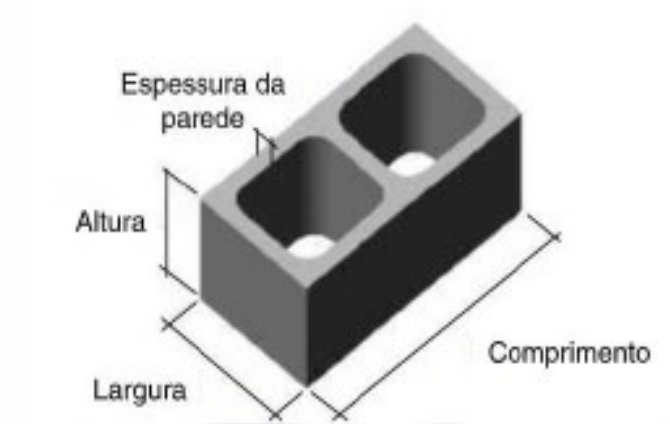
Os principais componentes da alvenaria estrutural são a unidade (blocos), a argamassa, o graute e a armadura, enquanto os elementos decorrem da junção de dois ou mais componentes, tais como paredes, pilares, cintas e vergas (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Para fins de compreensão dos processos executivos das obras, é importante conceituá-los, conforme abaixo.

#### **a) Unidade – blocos vazados de concreto simples**

Os blocos são os componentes mais importantes que integram a alvenaria estrutural, pois além de comandar a resistência à compressão, também determinam o procedimento de coordenação modular nos projetos (CAMACHO, 2006). Segundo

a NBR 6136 (2016), o componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, deve apresentar área líquida igual ou inferior a 75% da área bruta, conforme Figura 3.

Figura 3 - Bloco vazado de concreto simples



Fonte: NBR 6136 (2016)

### **b) Argamassa de assentamento**

A argamassa de assentamento tem como função solidarizar as unidades (blocos), transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, e absorver pequenas deformações. Suas principais matérias-primas são a areia, o cimento, a cal e a água. A característica mais importante deste componente é a sua plasticidade, que permite que as tensões sejam transmitidas de modo uniforme de uma unidade para a outra (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

### **c) Graute**

O graute é um concreto relativamente fluido, constituído de agregados de pequena dimensão, utilizado para o preenchimento dos vazios dos blocos. O componente tem como função aumentar a área da seção transversal das unidades e, assim como a argamassa, dar solidez aos blocos em suas armaduras (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

#### **d) Armadura**

A armadura é compreendida pelas barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria estrutural. Elas são as mesmas utilizadas nas estruturas em concreto armado, mas envolvidas por graute, para garantir que todos os componentes trabalhem em conjunto (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

### **2.3. Processos executivos em alvenaria estrutural**

Nesse tópico apresenta-se os processos executivos da alvenaria estrutural, desde a marcação das paredes, até o ponto de conclusão da alvenaria para a montagem e/ou instalação das lajes, nos termos dispostos pela NBR 16868 (2020), responsável por normatizar o método construtivo no Brasil.

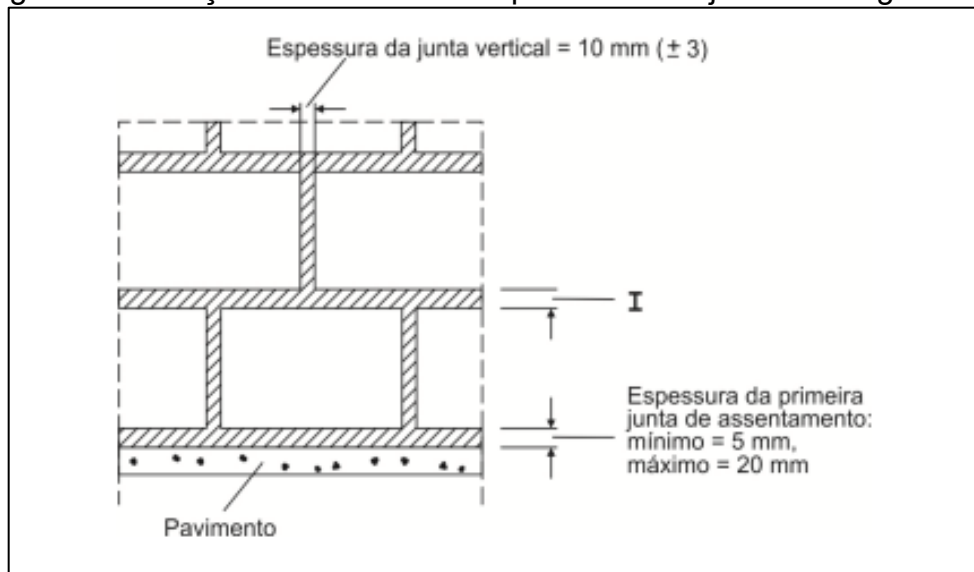
Em primeiro momento, a norma indica que, antes de iniciar qualquer elevação de alvenaria, deve-se verificar se a locação dos esquadros e o nivelamento da base estão dentro das tolerâncias. É preciso ainda observar se nas lajes ou nas vigas já existentes não há a presença de materiais que prejudiquem a aderência entre a argamassa e o bloco.

A primeira fiada é a referência para a elevação das fiadas superiores, não somente para o mesmo pavimento, mas para os demais eventualmente existentes (TOUIL; NESSE, 2010). Nesse momento é que são colocados blocos sobre blocos e, portanto, é preciso utilizar do projeto de marcação para visualização dos eixos de referência e localização das paredes (NBR 16868, 2020).

Para a marcação, deve-se estar atento à tolerância da variação do nível da superfície de apoio da alvenaria, que não pode ser superior a cerca de 10mm em relação ao plano especificado. No assentamento da fiada de marcação, a espessura mínima da junta horizontal não pode ser inferior a 5mm, sendo admitido espessuras máximas de 30mm, em trechos com comprimento inferior a 50mm (NBR 16868, 2020).

Durante a elevação, são cruciais para o desempenho das paredes o cumprimento das tolerâncias de prumo (alinhamento vertical da parede), de nível (alinhamento horizontal da parede) e também a correta execução das espessuras das juntas de argamassa de assentamento do bloco, que devem ter espessuras de 10mm (NBR 16868, 2020). A Figura 4 demonstra as variações máximas permitidas.

Figura 4 - Variações máximas das espessuras das juntas de argamassa



Fonte: NBR 16868 (2020)

Além das juntas de assentamento dos blocos, também deve ser feita a colação de argamassa sobre as paredes longitudinais e transversais do bloco, sendo dois filetes com a largura mínima de 30mm, conforme ilustra a Figura 5 (NBR 16868, 2020).

Figura 5 - Assentamento de bloco estrutural com os cordões de argamassa



Fonte: Sua obra (2024)

As armaduras precisam ser dispostas de forma que se mantenham na posição especificada, para que, após o grauteamento – inserção do graute nos blocos –, mantenham o cobrimento especificado em projeto. Quanto à operação do grauteamento, é necessário cumprir alguns pré-requisitos. Isto é, antes do início da



execução, as paredes dos blocos devem estar preenchidas com argamassa de assentamento; os furos devem estar desobstruídos; devem ser abertas janelas de inspeção e, caso necessário, retirar as rebarbas de argamassa. Por fim, os septos que serão preenchidos com o graute precisam ser molhados (NBR 16868, 2020).

Verificados tais pontos, de acordo com a norma, o graute não deve ser lançado de uma altura superior a 1,60 metros, sendo necessário, após a execução, o adensamento com uma haste de bitola entre 10 e 15 mm, com comprimento suficiente para atingir todo o grauteado.

Em cada pavimento, de preferência na fiada de respaldo, deve ser executada uma cinta contínua, para solidificar todas as paredes. Essa cinta deve ser executada anteriormente à execução das lajes, podendo ser realizada tanto com blocos especiais (blocos canaleta) quanto de formas, para garantir seu preenchimento completo (NBR 16868, 2020). Segue imagem para ilustração:

Figura 6 - Fiadas da alvenaria



Fonte: Autor (2024).



Em cada pavimento os processos mencionados são replicados, sendo fundamental a execução das lajes para a repetição. As lajes podem ser confeccionadas no local da obra ou pré-fabricadas, e são compreendidas como placas de concreto que servem de base para os pisos das edificações (COELHO, 2008).

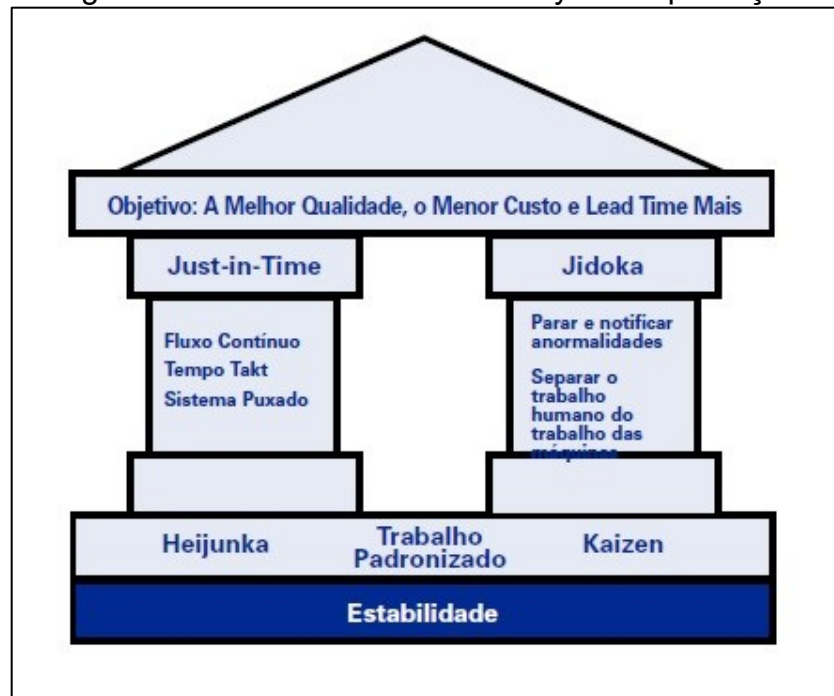
#### **2.4. Metodologia *Lean***

O método *Lean Production* foi desenvolvido no Japão, na década de 50, por dois engenheiros da *Toyota Motor Company*, que procuravam aprimorar o sistema de produção que ainda se fundamentava muito na manufatura. Inicialmente, tentaram aplicar os conceitos de produção em massa das empresas americanas, mas perceberam que essa abordagem era impraticável devido às condições em que o país se encontrava após o término da Segunda Guerra Mundial (ARANTES, 2008).

Em 1973, no entanto, sobreveio a crise do petróleo e o crescimento constante do Ocidente estagnou, revelando falhas e defeitos crônicos que não haviam sido adequadamente controlados. Em contrapartida, as empresas japonesas continuaram a mostrar crescimento e resultados positivos, o que atraiu a atenção do mundo para o sistema que vinham utilizando desde as décadas passadas (RODRIGUES, 2014).

A representação da estrutura do Sistema Toyota de Produção tem como base dois pilares: o *Just in time* (JIT) e o *Jidoka* (a automação), conforme ilustra a Figura 7. Na concepção de Ghinato (2000), o princípio sistêmico é atender as necessidades dos clientes para oferta de serviços e produtos com alta qualidade, baixo custo e de breve execução.

Figura 7 - Estrutura do Sistema Toyota de produção



Fonte: *Lean Institute of Brasil* (2024)

No contexto do *Lean Production*, foi introduzido o conceito de "*Lean Thinking*", que resume os objetivos da metodologia em valor, cadeia de valor, fluxo da cadeia de valor, produção puxada e busca pela perfeição.

Womack e Jones (1998) revelam que o conceito de "valor" está centrado nas necessidades do cliente, o que significa compreender quanto o consumidor está disposto a pagar e quais são suas expectativas em relação ao produto.

Já a "cadeia de valor" refere-se à determinação do valor do produto ou serviço, o que envolve a compreensão de todo o processo produtivo, desde a origem do projeto até a entrega final ao cliente. Isso pode ser alcançado observando o fluxo de valor, através do qual identificam-se quais atividades agregam o processo executivo e quais não. Nesse momento, embora algumas atividades sem valor sejam inevitáveis, outras devem ser eliminadas para reduzir desperdícios (WOMACK; JONES, 1998).

O "fluxo da cadeia de valor", por sua vez, preconiza que a produção deve ocorrer de forma contínua, com atividades sequenciais e sem intervalos. Para Womack e Jones (1998), essa abordagem visa reduzir o tempo de espera e identificar possíveis erros durante o processo produtivo. Além disso, ao realizar o controle de qualidade ao longo de todas as etapas do processo, a probabilidade de erros no produto final é significativamente reduzida, uma vez que os problemas são identificados e corrigidos de forma antecipada.

No que diz respeito à “produção puxada”, observa-se que, ao contrário do princípio da produção em massa, que promove a superprodução e o acúmulo de produtos em estoque, no *Lean Thinking* quem determina o ritmo da produção é o próprio consumidor. Para evitar a fabricação de mercadorias desnecessárias, desperdício de espaço, tempo produtivo e capital, a produção é alinhada com a demanda e o ritmo das vendas. Por consequência, há redução de custos, uma vez que os recursos são direcionados para atender às necessidades reais dos clientes (WOMACK; JONES, 1998).

Por fim, a “busca da perfeição” se mostra como o princípio fundamental da mentalidade *Lean* e encapsula a essência dessa filosofia. Segundo Womack e Jones (1998), a busca pela perfeição deve ser constante, o que implica buscar uma melhoria contínua em todos os passos e etapas do ciclo de produção, garantindo que estejam alinhadas com as demandas do mercado consumidor.

#### **2.4.1. Lean Construction**

Lauri Koskela, a partir de seu artigo “*Application of the new Production Philosophy to Construction*”, publicado em 1992, foi o responsável por aplicar os conceitos do *Lean Thinking* na indústria da construção civil. O autor faz uma crítica aos processos tradicionais da construção devido ao alto desperdício e expõe os benefícios que a metodologia do *Lean* pode proporcionar ao setor.

O *Lean Construction*, também conhecido como Construção Enxuta, é uma forma de gestão de projetos e processos na indústria da construção que visa eliminar desperdícios, aumentar a eficiência e entregar maior valor ao cliente. Ao contrário do modelo tradicional, o *Lean Construction* enfatiza a colaboração entre as equipes, o planejamento integrado e a redução de atividades que não agregam valor. Além disso, busca a melhoria contínua e a eliminação de problemas recorrentes, promovendo um ambiente de trabalho mais produtivo (RIOGA; CAMPOS; GUIMARÃES, 2021).

Segundo Koskela (2000), há três concepções importantes para a gestão da produção pelo *Lean Construction*, quais sejam o fim da ideia de que o processo é apenas de transformação de *inputs* (matéria prima) e *outputs* (produtos), para dar espaço à visualização de fluxos ao longo do processo produtivo; a necessidade de inspeção e movimentação para próxima fase, ligadas ao fluxo de espera, para reduzir a variabilidade do próprio fluxo; e a correta interpretação quanto à análise de perda

ao longo do processo, para fins de suprir as necessidades dos clientes na forma de produtos ou serviços (KOSKELA, 2000).

Além dos conceitos básicos da metodologia, Koskela (1992) apresentou onze princípios para auxiliar na concepção, gestão e aprimoramentos dos fluxos de processos da construção civil, resumidos conforme abaixo:

1. Redução do número de atividades que não agregam valor;
2. Aumento do valor da produção através de uma análise sistemática das necessidades do cliente;
3. Redução da variabilidade da produção;
4. Diminuição dos tempos de ciclo;
5. Simplificação dos processos para diminuir quantidade de etapas;
6. Aumento da flexibilidade de saída;
7. Transparência dos processos;
8. Foco e controle em todos os processos;
9. Busca pela melhoria contínua dos processos;
10. Balancear as melhorias de fluxo e de conversão;
11. *Benchmarking*<sup>1</sup>.

Todos esses ideais, vinculados à metodologia *Lean Construction*, têm por objetivo final a melhoria de processos executados em obras da construção civil, para otimizar a produção – seja ela em relação ao custo, a espaço ou tempo de execução – o que, conseqüentemente, oferece visibilidade de mercado à empresa construtora.

#### **2.4.2. Ferramentas utilizadas no método *Lean Construction***

Neste tópico apresentam-se algumas das ferramentas da metodologia *Lean Construction* que serão aplicadas nos processos executivos da obra em alvenaria estrutural objeto do presente estudo.

---

<sup>1</sup> Benchmarking é uma técnica de gestão que consiste em comparar os processos e desempenho de uma organização com os de líderes reconhecidos ou padrões de excelência do setor. O objetivo é identificar melhores práticas que possam ser adaptadas e implementadas para melhorar a eficiência, qualidade e inovação.

a) Mapeamento de fluxos de valor (MFV)

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta essencial da construção enxuta. Por meio dessa técnica altamente eficaz e abrangente, é possível identificar todos os processos, atividades e fluxos de valor envolvidos na realização de um projeto de construção. Ela oferece uma análise detalhada da obra, o que permite identificar gargalos, desperdícios e oportunidades de melhorias em todas as etapas do processo construtivo, desde o planejamento até a entrega final (MORATO; FERREIRA, 2022).

Com essa visão ampla e enriquecida, os profissionais podem otimizar o fluxo de trabalho de maneira estratégica, eliminando atividades supérfluas que não agregam valor ao cliente e redesenhando processos de forma ainda mais eficiente e inteligente, para garantir resultados excepcionais e uma relação custo-benefício mais vantajosa.

Morato e Ferreira (2022) afirmam que, através desse aprimoramento contínuo e consciente, a construção enxuta se torna uma prática cada vez mais sólida e eficiente para impulsionar o sucesso e a excelência do projeto realizado.

b) Kanban

O termo “Kanban” é de origem japonesa e significa “visualização” ou “cartão”. Trata-se de uma ferramenta visual para gerenciamento e controle detalhado dos fluxos de trabalho na construção enxuta. Através de cartões cheios de informações, quadros personalizáveis e marcadores visuais, o Kanban permite acompanhar o *status* de cada tarefa de forma minuciosa, identificar problemas ou atrasos de maneira instantânea e agir para solucioná-los. Ainda, o Kanban facilita o planejamento da produção, a distribuição equilibrada das atividades entre todas as equipes envolvidas e a comunicação entre os membros do projeto (ANDERSON, 2010).

Com essa ferramenta, é possível otimizar a produtividade de maneira exponencial, reduzir significativamente o tempo de ciclo das atividades e evitar gargalos na execução das tarefas. Anderson (2010) aponta que o Kanban revolucionou a forma como as organizações lidam com seus fluxos de trabalho, pois traz simplicidade e efetividade à gestão de projetos.

c) 5S'S

Segundo Hirano (1995), o 5S (cinco esses) é uma metodologia amplamente reconhecida e utilizada em diversos setores e indústrias para promover a organização e disciplina no ambiente de trabalho. Ela é baseada em cinco pilares essenciais, conhecidos como *Seiri* (organização), *Seiton* (arrumação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina), descritos abaixo:

- **Seiri – organização:** tem como objetivo eliminar itens desnecessários do ambiente de trabalho. Isso significa identificar e remover qualquer material, ferramenta ou objeto que não seja essencial para a execução das atividades diárias. Ao fazer isso, assegura-se que apenas o necessário esteja disponível, evitando a acumulação de coisas que possam prejudicar a eficiência e a produtividade;
- **Seiton – arrumação:** a ideia é organizar tudo de forma eficiente e ter um sistema de armazenamento adequado, para que cada item tenha o seu devido lugar. Isso facilita a localização e o acesso rápido aos materiais necessários, reduzindo o tempo perdido em busca de algo;
- **Seiso – limpeza:** visa manter o ambiente de trabalho limpo e bem cuidado, o que é fundamental não apenas para a estética, mas também para a segurança e saúde dos colaboradores. A limpeza regular ajuda a prevenir acidentes, reduzir a exposição a substâncias nocivas e criar um ambiente mais agradável e produtivo;
- **Seiketsu – padronização:** é importante estabelecer padrões claros e procedimentos bem definidos para que todos os colaboradores possam seguir. Isso inclui desde a forma de organizar os materiais até a maneira de executar as tarefas. Ao padronizar as práticas de trabalho, evitam-se erros, retrabalho e ineficiências;
- **Shitsuke – disciplina:** manter a disciplina é fundamental para que todos os outros pilares sejam efetivos e duradouros. Para tanto, faz-se necessária a criação de uma cultura de responsabilidade, onde cada colaborador entende a importância de seguir as regras e práticas estabelecidas. Com o tempo, a disciplina se torna um hábito, fazendo com que a organização e a disciplina se mantenham ao longo do tempo.

### **3. METODOLOGIA**

O presente estudo consiste em analisar os processos executivos de uma obra de edifício residencial em alvenaria estrutural, através do acompanhamento das atividades realizadas pelos colaboradores, para identificar fatores que geram atrasos e disfunções na execução dos empreendimentos.

#### **3.1. Contexto do estudo**

O objeto de estudo do trabalho refere-se às etapas de construção de um edifício para uso residencial. A análise de atrasos nos processos de execução da alvenaria estrutural é primordial para a otimização executiva do empreendimento, pois quaisquer disfunções podem gerar os descumprimentos nas datas previamente definidas para finalização dos serviços.

Após constatada a baixa produtividade nas etapas construtivas, passou-se a estudar pontos passíveis de melhoria dos processos. A atividade de acompanhamento e implementação de melhoras na obra foi realizada durante o período de 8 meses, iniciado em outubro de 2023 e findado em junho de 2024. Nesse tempo, foram acompanhadas as atividades cotidianas da empreiteira, medições de serviços e controles dos cronogramas de planejamento das etapas de execução.

#### **3.2. Etapas de estudo**

As atividades propostas neste trabalho estão organizadas em três grandes etapas, assim descritas:

- Etapa 1: Fundamentação teórica

A fundamentação teórica tem como objetivo reunir os estudos sobre o tema de alvenaria estrutural e da metodologia *Lean Construction*, detalhando os fatores que levam à baixa produtividade e evidenciando possíveis soluções ao problema. Nesse caso, são utilizados como referência livros, artigos, trabalhos acadêmicos (teses e dissertações), revistas e jornais científicos da área da construção civil.

- Etapa 2: Coleta de dados da obra em estudo

A coleta de dados consiste na identificação dos materiais e dados relativos ao objeto de estudo. Entre os materiais coletados estão: cronogramas, tabelas de controles e as plantas do empreendimento, sendo estes dados disponibilizados pela empresa gestora.

Os dados levantados *in loco* se referem aos problemas ocorridos na obra, com registro de atribuição do tempo levado para execução do serviço, a descrição do ocorrido e a quantidade de tempo de impacto.

- Etapa 3: Análise dos dados

A Etapa 3, por fim, consiste na análise dos dados e dos materiais coletados durante o acompanhamento do início e término de cada processo executivo da obra, com a identificação e comparação dos desperdícios produzidos após a implementação das melhorias de processos pelo método *Lean Construction*.

### **3.3. Objeto de estudo**

Conforme mencionado, neste estudo de caso foi realizada uma análise de uma obra em execução na cidade de Joinville/SC. O principal sistema construtivo da obra é alvenaria estrutural, que é o método utilizado para as torres da obra. Na Figura 8 visualiza-se a fachada da edificação.



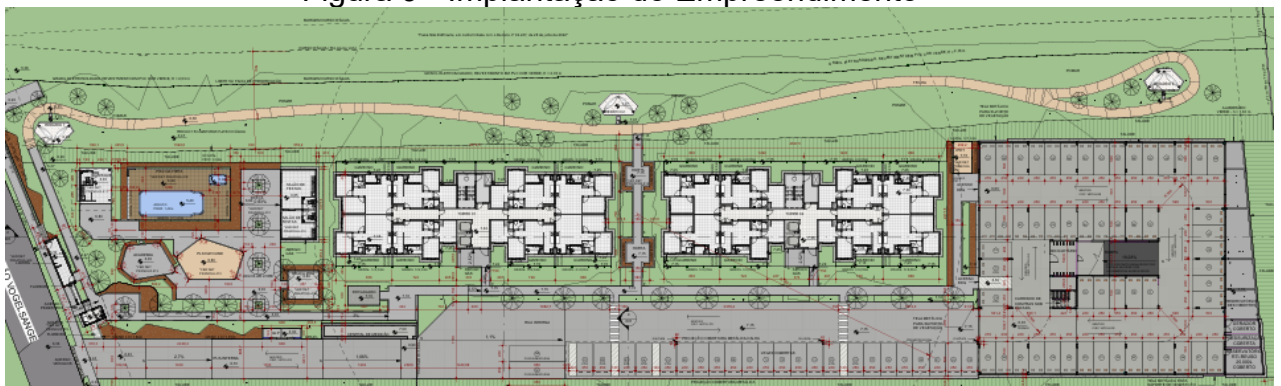
Figura 8 - Fachada do empreendimento



Fonte: Arquivo da Empresa (2023)

A obra é constituída por 2 torres, cada uma com 11 pavimentos (térreo + 10 pavimentos tipo), com 8 unidades por andar. O empreendimento conta com 176 unidades de apartamentos, com possibilidade de adaptação para pessoas com deficiência (PCD) nos apartamentos 202, 502 e 802. Cada torre possui 2 elevadores. A Figura 9 apresenta a implantação do empreendimento.

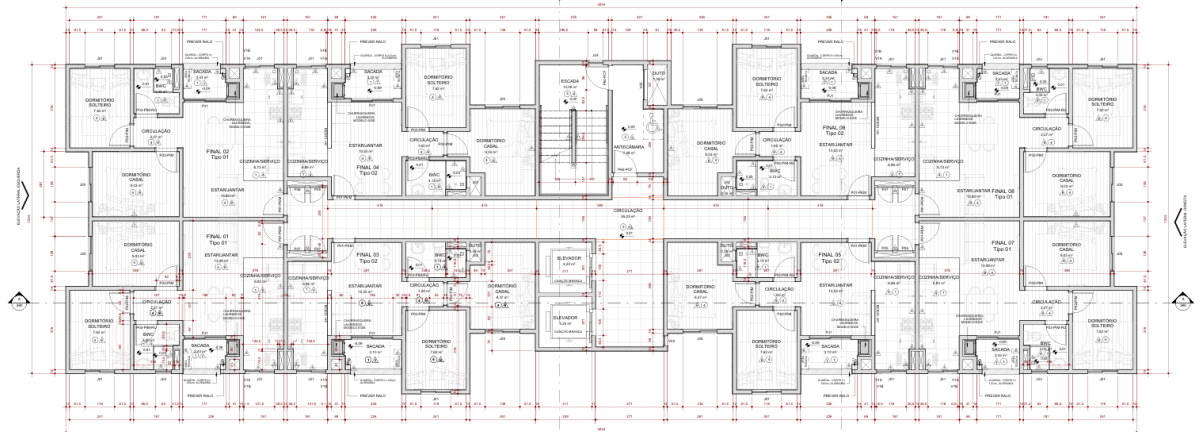
Figura 9 - Implantação do Empreendimento



Fonte: Arquivo da Empresa (2023)

Além das torres, a obra também terá anexos como quiosques, piscina, redário, *pet place*, *playground*, salão de festa e edifício garagem, que será executado em estrutura convencional, tendo pilares, lajes e vigas. A obra possui uma área de terreno de 12.847,95 m<sup>2</sup> e área construída 15.696,69 m<sup>2</sup>. A Figura 10 ilustra a planta baixa do pavimento tipo.

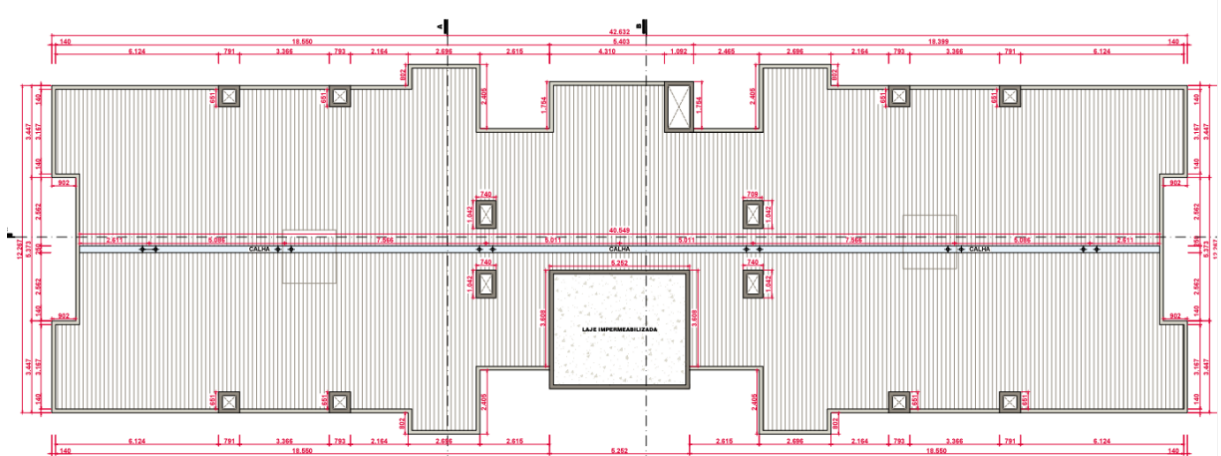
Figura 10 - Planta baixa do pavimento tipo



Fonte: Arquivo da Empresa (2023)

As torres são identificadas pela ordem delas, sendo torre 1 e torre 2. Cada pavimento tem uma projeção de 499,27m<sup>2</sup> e de 1.026,26 m<sup>2</sup> de alvenaria. As unidades da ponta possuem uma área de 51,06 m<sup>2</sup>, as do meio 50,26 m<sup>2</sup>, e a área comum do pavimento tem 93,99 m<sup>2</sup>, conforme figuras abaixo.

Figura 11 - Cobertura das torres 1 e 2

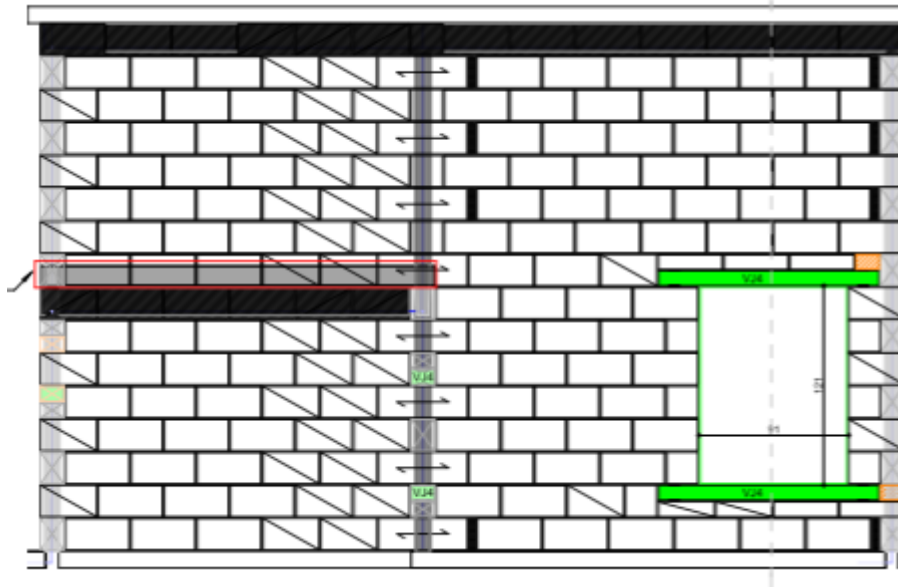


Fonte: Arquivo da Empresa (2023)

A cobertura das torres de 1 a 2 possuem inclinação de 10% e telha de fibrocimento. O caimento da cobertura é para a calha de alumínio de 55cm de largura.

A platibanda tem altura de 1,40m. Cada torre possui alçapão para acesso à cobertura para casos de manutenção futuras (Figura 12).


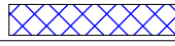

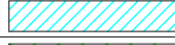

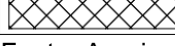
Figura 12 - Detalhamento da cobertura das torres



Fonte: Arquivo da Empresa (2024)

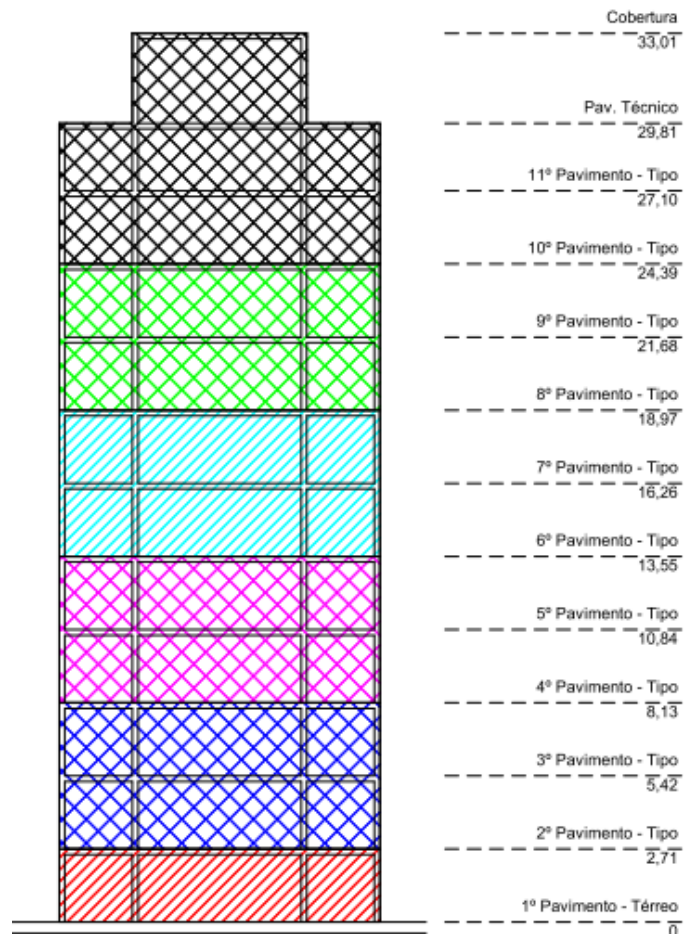
O projeto de alvenaria estrutural da obra em questão possui resistências de blocos e graute iguais para as torres 1 e 2. No térreo é utilizado bloco de 14,0 MPa e graute de 30,0 MPa. Do 2° o 3° pavimento a resistência do bloco diminui para 12 MPa e graute de 30,0 MPa. Do 4° pavimento ao 6° a resistência do bloco diminui para 10 MPa e graute de 30,0 MPa. Do 7° pavimento ao 8° a resistência do bloco diminui para 8 MPa e graute 30,0 MPa. Do 9° pavimento ao 10° a resistência do bloco diminui para 6 MPa e graute 30,0 MPa. Por fim, do 11° pavimento até a cobertura a resistência do bloco é de 4 MPa e graute de 30,0 MPa (Figuras 13 e 14).

Figura 13 - Legenda das resistências por pavimento

Legenda	
Cor	Blocos
	fbk - 14 MPa
	fbk - 12 MPa
	fbk - 10 MPa
	fbk - 8 MPa
	fbk - 6 MPa
	fbk - 4 MPa

Fonte: Arquivo da Empresa (2023)

Figura 14 - Representação das resistências por pavimento



Fonte: Arquivo da Empresa (2023)

## **4. APRESENTAÇÃO DE DADOS**

Neste capítulo serão detalhados os dados obtidos em quatro etapas de verificação realizadas na obra, as quais podem ser resumidas em análise das rotinas e dos desperdícios, propostas de melhorias para mitigar os desperdícios identificados, mudanças realizadas e resultados obtidos com a implementação das melhorias.

### **4.1. Etapa 1: Análise das rotinas e dos desperdícios**

Para compreender melhor a rotina da equipe antes da implementação das melhorias, foi feita uma análise que confirmou sua consistência ao longo das semanas. Assim, observa-se que logo pela manhã é planejado onde cada membro da equipe executaria suas tarefas e qual seria o ponto de partida, definindo-se quais paredes seriam construídas durante o dia.

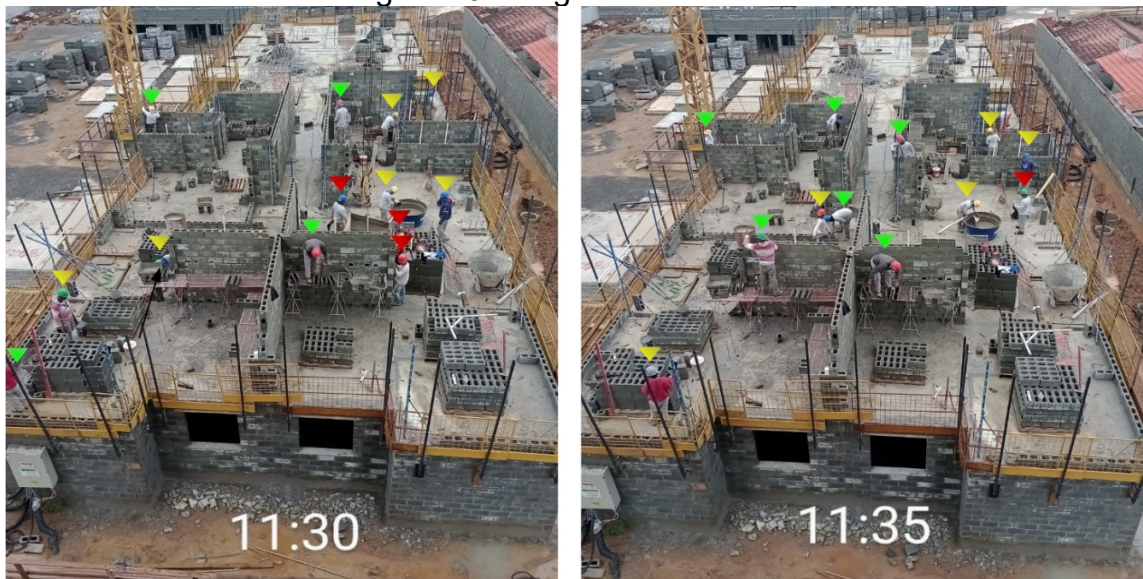
Verificou-se que os serviços começaram entre 08h00 e 08h30, após o abastecimento do pavimento com argamassa. A produção de argamassa costumava iniciar por volta das 07h15, garantindo o abastecimento até às 08h00, contudo, devido à diretrizes do setor de Recursos Humanos (RH), a produção foi adiada para as 07h30.

Durante a coleta de dados, constatou-se que, em média, 21% dos colaboradores estão envolvidos em atividades que não adicionam valor ao serviço, tais como atividades desnecessárias, retrabalho e esperas. Além disso, aproximadamente 36% dos colaboradores estão dedicando seu tempo às atividades com desperdícios ocultos, como transporte, movimentação, preparação, conferências e atividades auxiliares.

Para uma interpretação mais detalhada desses desperdícios, foi realizada uma análise do serviço de execução da alvenaria do 2º pavimento da Torre 02 durante um período de 1 hora e 20 minutos, conforme documentado nas fotos abaixo:



Figura 15 - Registros da análise



Fonte: Autor (2023)

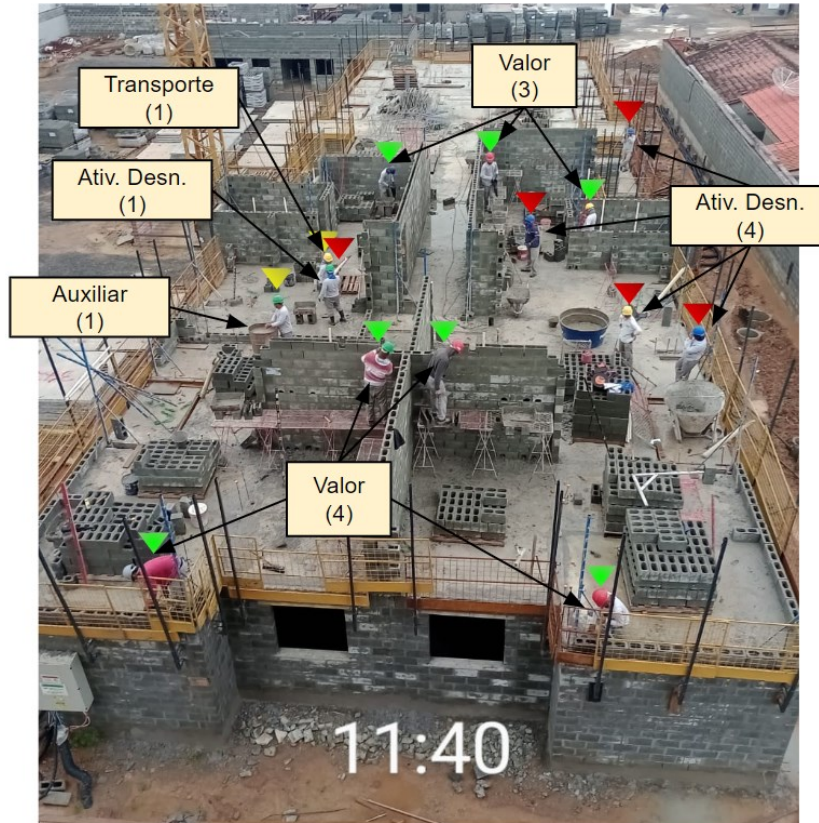
Os registros foram feitos de cinco em cinco minutos. Os cenários foram analisados de acordo com a ação de cada colaborador no momento da foto, discriminadas pela Tabela 1, e identificadas na Figura 16.

Tabela 1 – Atividades realizadas pelos colaboradores

Atividade	Cor
Atividades que agregam valor	Verde
Transporte	Amarelo
Atividades desnecessárias	Vermelho
Movimentação	Amarelo
Defeitos / Retrabalho	Vermelho
Espera	Vermelho
Preparação	Amarelo
Conferência	Amarelo
Auxiliar	Amarelo

Fonte: Autor (2023)

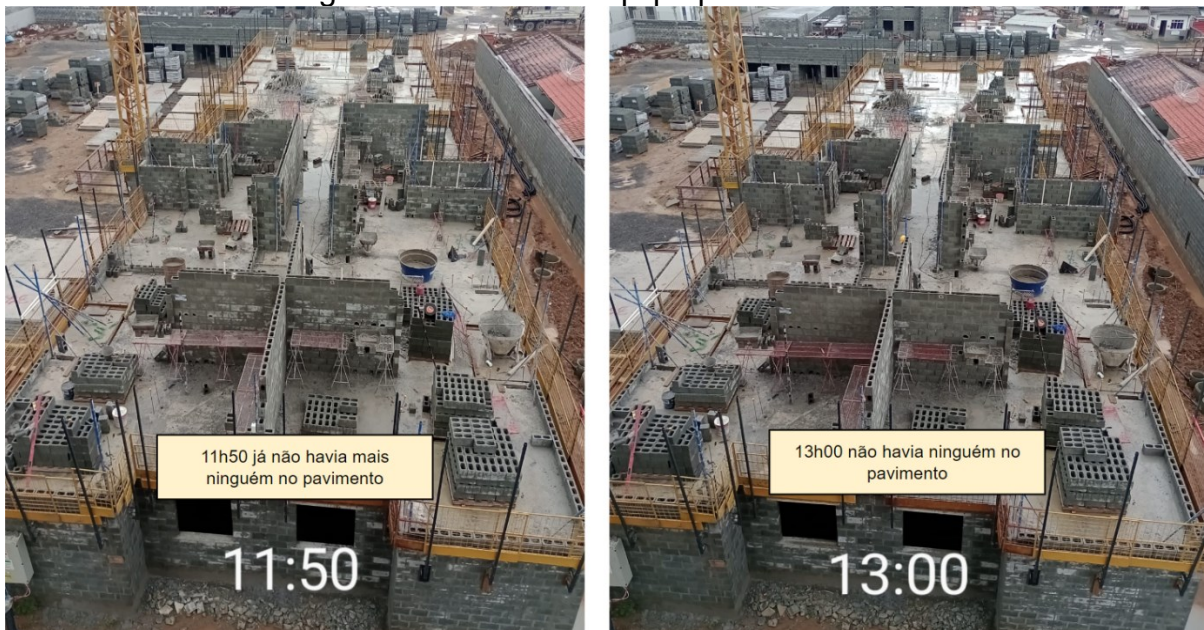
Figura 16 - Análise das ações



Fonte: Autor (2023)

Durante o acompanhamento, foi observado que a equipe encerrou as atividades para o intervalo de almoço às 11h50, conforme a Figura 17 e retornou gradualmente ao serviço por volta das 13h20 (Figuras 17 a 19).

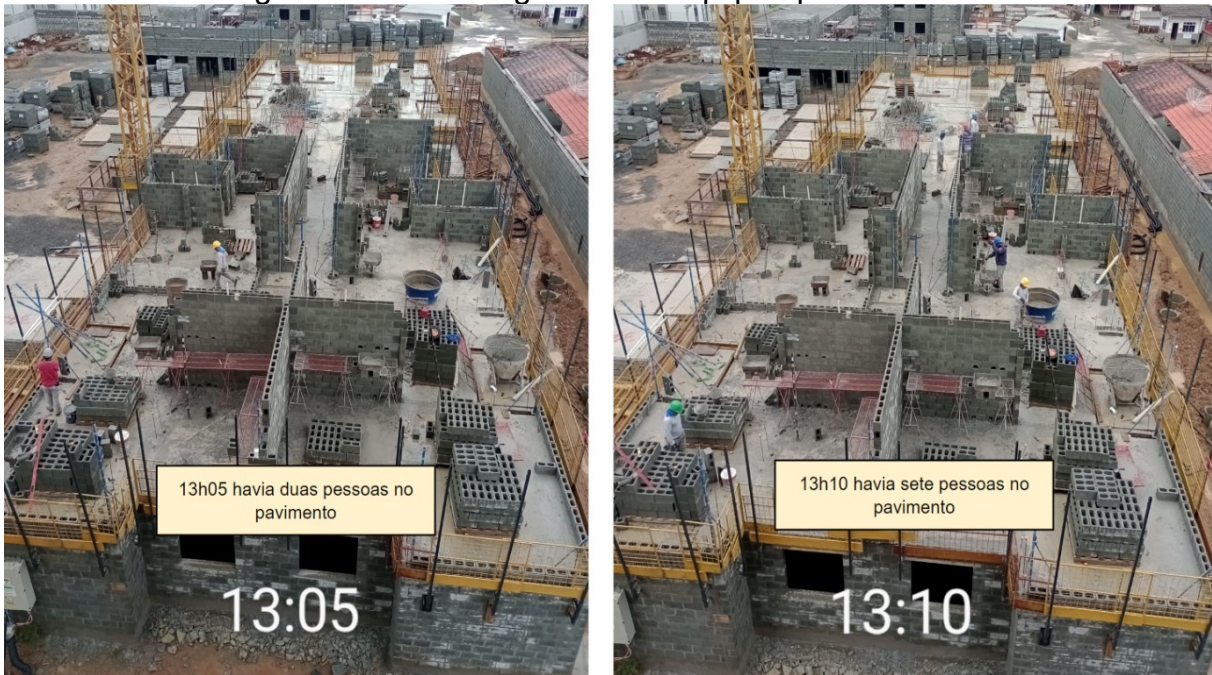
Figura 17 - Saída da equipe para o intervalo



Fonte: Autor (2023)



Figura 18 - Retorno gradual da equipe após às 13h00



Fonte: Autor (2023)

Figura 19 - Retorno efetivo da equipe às 13h20



Fonte: Autor (2023)

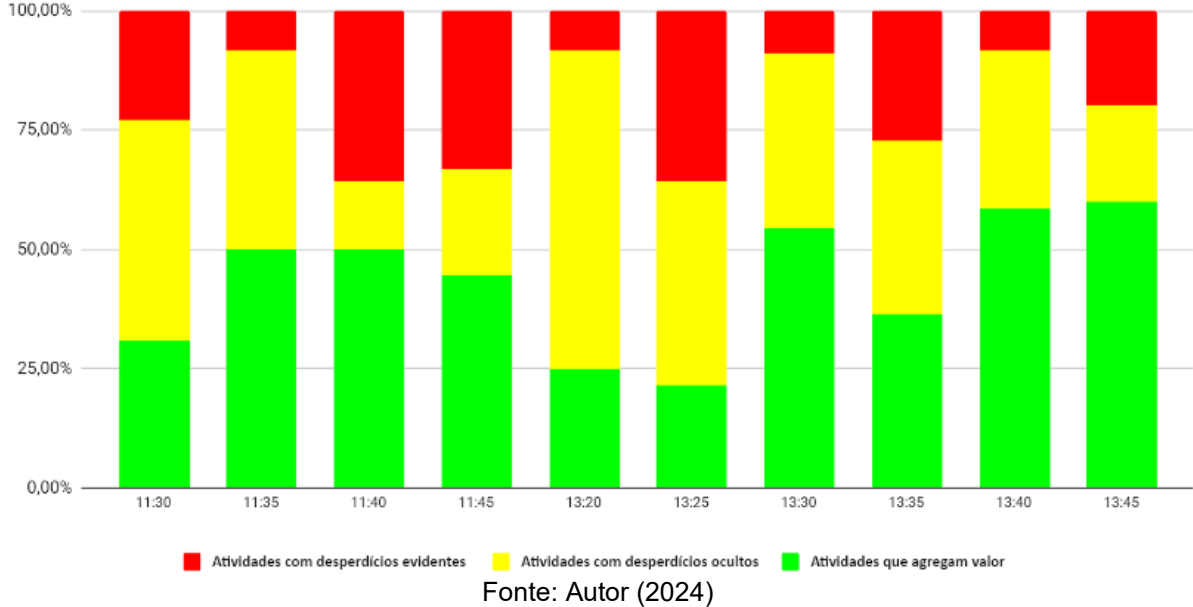
Após o retorno, as atividades foram observadas até às 13h45, momento em que começou a chover e a equipe teve de se abrigar no térreo.

Todos esses dados foram coletados a partir de uma análise multi-momento, que consiste na observação e registro de diversos aspectos do processo produtivo, em momentos específicos, ao longo de um intervalo de tempo determinado. A análise



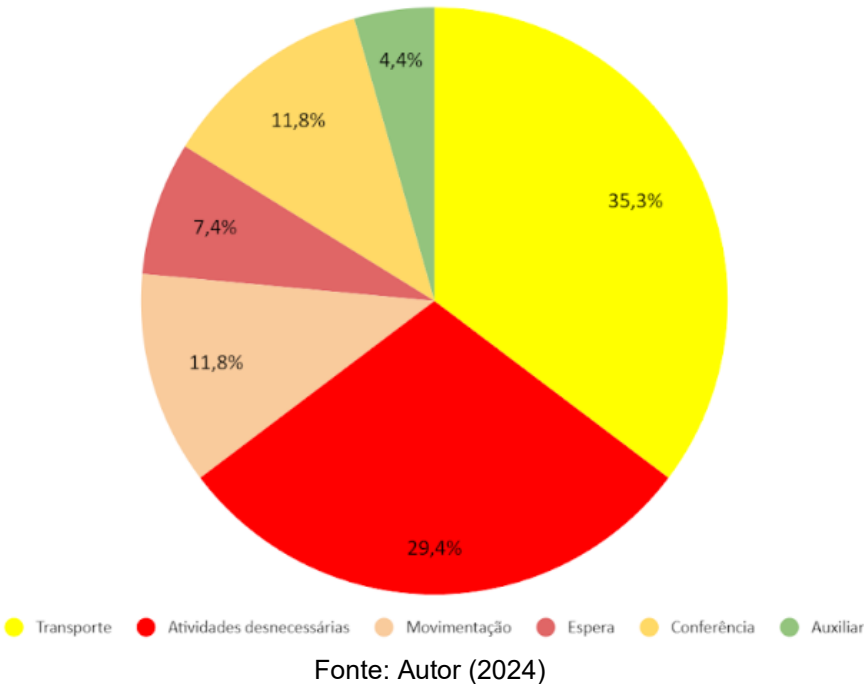
multi-momento das atividades realizadas no dia 06/10/2023 apresentou os resultados ilustrados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Resultado da análise multi-momento



Analisando as atividades com desperdícios ocultos, observa-se que cerca de 35% da mão de obra durante do serviço está desenvolvendo atividades relacionadas ao transporte de materiais e 30% em atividades desnecessárias. O Gráfico 2 apresenta o comparativo de dados.

Gráfico 2 – Resultado análise multi-momento



Para uma compreensão abrangente do processo e uma coleta mais ampla de dados, implementou-se o monitoramento de vídeo por *time-lapse* durante a execução do 3º pavimento. Durante esse período, foram observados alguns pontos relevantes:

- a) A produção da argamassa geralmente se inicia por volta das 07h34, sendo o pavimento abastecido pela primeira vez por volta das 07h59, e as atividades efetivamente iniciadas em torno das 08h10;
- b) No pavimento, apenas um carrinho de mão está presente, levando os demais serventes a abastecerem seus insumos utilizando baldes e pás;
- c) O reservatório de massa está localizado longe do posto de trabalho dos bloqueiros, exigindo um percurso considerável pelo corredor. Por exemplo, para abastecer os bloqueiros 01 e 02 foi necessário percorrer cerca de 24 metros;
- d) A falta de organização de equipes é evidente. No primeiro dia, o servente 02 (equipe amarela) abastece materiais para os bloqueiros 04 (equipe azul) e 03 (equipe amarela), e o servente 03 (equipe verde) transporta blocos para os bloqueiros 02 (equipe vermelha) e 01 (equipe verde), enquanto o ideal seria cada servente reabastecer material para o bloqueiro de sua equipe;
- e) Ainda que não chova, a equipe deixa o pavimento por volta das 17h00, 18 minutos antes do fim do turno;
- f) O grauteamento é realizado utilizando baldes ou tubos de PVC. Após despejar o material no ponto, é necessário que o servente se desloque até a caixa de graute, localizada em outro cômodo, para reabastecimento;
- g) Na ausência de um segundo colaborador auxiliando no grauteamento das canaletas, a pessoa responsável pela tarefa precisa descer a escada, encher o balde e subir novamente com a massa.

Durante o período, concluiu-se que 43,65% do tempo analisado foi dedicado às atividades que geram valor, enquanto 47,91% foram consumidos por desperdícios necessários e 8,43% por desperdícios evidentes. A Tabela 2 evidencia as atividades com mais tempo despendido, classificadas de acordo com o tipo de atividade e o tempo despendido, em minutos e segundos.

Tabela 2 – Atividades mais evidenciadas no período

Atividade	Tipo de atividade	Tempo	Tempo (%)
Execução alvenaria	Agrega Valor	09:27:04	31,31%
Desceu a escada e ficou fora do campo de visão	Movimentação	03:32:34	11,74%
Organização de materiais / limpeza	Auxiliar	02:57:49	9,82%
Grauteamento	Agrega Valor	01:50:44	6,11%
Transportando blocos	Transporte	01:25:59	4,75%
Cortando blocos	Auxiliar	01:05:05	3,59%
Levando massa para o bloqueiro (de balde em balde)	Transporte	00:55:20	3,06%
Aguardando massa para iniciar	Espera	00:48:29	2,68%
Colocação dos ferros pontos de graute escadaria e 1ª fiada	Agrega Valor	00:44:46	2,47%
Colocação de verga portas	Agrega Valor	00:42:51	2,37%
Procurando algo	Movimentação	00:38:25	2,12%

Fonte: Autor (2024)

A análise foi realizada por um período aproximado de 40 minutos, devido ao fato de que cada segundo exibido no vídeo em *time-lapse* equivale a quatro segundos no tempo real, o que proporcionou maiores detalhes ao levantamento de dados das condições e características de execução do 3º pavimento.

#### 4.2. Etapa 2: Propostas de melhorias para mitigar desperdícios identificados

Após concluir a análise das atividades, foram identificadas quais consomem mais tempo e impactam de forma negativa a produtividade. Com base nisso, foi possível discernir as causas dos desperdícios e sugerir soluções e melhorias para mitigá-los. Abaixo apresentam-se as alternativas propostas.

##### 4.2.1. Condições adequadas para receber a empreiteira

Considerou-se a elaboração de um conjunto abrangente de condições para a empreiteira, visando estabelecer os parâmetros essenciais para o início efetivo das atividades. Esse conjunto de critérios engloba uma análise minuciosa das atividades predecessoras necessárias para garantir a adequada transição às etapas seguintes

do projeto. Inclui, igualmente, um planejamento detalhado da preparação do terreno, como o nivelamento, remoção de obstáculos e demarcação de áreas de trabalho.

Além disso, são delineados os requisitos para o dimensionamento das áreas de armazenamento, considerando a natureza e o volume dos materiais e equipamentos a serem utilizados ao longo do trabalho. Isso abarca desde a definição das áreas destinadas ao estoque de matérias-primas até a designação de espaços para a organização e armazenamento de ferramentas e equipamentos, levando em conta a otimização do fluxo de serviços e a segurança operacional.

Adicionalmente são estabelecidas diretrizes para o provisionamento de ferramentas e equipamentos necessários para a execução das atividades, considerando aspectos como a especificidade das tarefas a serem realizadas, a disponibilidade de recursos e a garantia da conformidade com os padrões de qualidade e segurança exigidos.

#### 4.2.2. Acompanhamento da produção

Sugeriu-se a criação de um sistema estruturado de rotina com gestão visual para o acompanhamento da produção diária, passível de identificar de forma ágil os problemas que surgem diariamente e possibilitar correções imediatas de curso. Esse sistema é projetado para fornecer uma visão clara e acessível do *status* da produção em tempo real, facilitando a detecção precoce de desvios e a implementação de ações corretivas.

A estruturação desse sistema envolve a definição de uma série de etapas e procedimentos padronizados, que abrangem desde a coleta de dados sobre a produção até a análise e ação sobre os problemas identificados. Isso inclui a criação de indicadores-chave de desempenho (KPIs) relevantes para a produção, que são visualizados de maneira clara e intuitiva por meio de gráficos, painéis ou quadros de gestão visual.

Além disso, são estabelecidos rituais diários de acompanhamento da produção, nos quais a equipe responsável se reúne para revisar os resultados do dia anterior, identificar quaisquer disfunções relacionadas às metas estabelecidas e discutir as ações a serem tomadas. Essas reuniões são conduzidas de forma ágil e focada, priorizando a identificação e resolução rápida de problemas.

A gestão visual desempenha um papel fundamental nesse processo, fornecendo uma representação visual clara do estado atual da produção, dos problemas identificados e das ações corretivas planejadas. Nesse momento, o uso de quadros Kanban, gráficos de Gantt, indicadores de desempenho em tempo real e outras ferramentas visuais é essencial.

#### 4.2.3. Movimentação excessiva fora do pavimento

Para criar um procedimento padrão e eficiente à gestão das áreas de vivência, como banheiros e bebedouros próximos à torre, é preciso iniciar com um mapeamento cuidadoso do local que facilite o acesso e minimize a distância percorrida pela equipe durante o horário de trabalho.

#### 4.2.4. Treinamento de 5S

Capacitar as equipes e encarregados no conceito de 5S é crucial para promover a eficiência e organização no local de trabalho. Isso envolve oferecer treinamentos que abordem os princípios fundamentais do 5S: classificação, organização, limpeza, padronização e disciplina. Durante esses treinamentos, as equipes e encarregados são instruídos sobre a importância de cada aspecto do 5S e como aplicá-los no dia a dia para melhorar a produtividade, segurança e qualidade do trabalho.

Nesse cenário, é importante proporcionar oportunidades práticas para que as equipes e encarregados possam aplicar os conceitos aprendidos, partindo de atividades de classificação e organização de áreas de trabalho, implementação de rotinas de limpeza e manutenção, e desenvolvimento de padrões operacionais claros e consistentes.

#### 4.2.5. Transporte de blocos e falta de organização dos materiais e equipamentos no pavimento

Propôs-se desenvolver um plano de abastecimento que envolva mapear o local para identificar postos de trabalho e pontos estratégicos de armazenamento, além de organizar materiais em conjuntos específicos para cada tarefa (kits de

trabalho). O envolvimento do sinaleiro – colaborador responsável por guiar e coordenar as operações de movimentação de cargas pesadas – como colaborador principal é essencial, exigindo treinamento para garantir uma comunicação eficaz entre ele e os demais colaboradores. Nesse momento, foi importante a implementação gradual do plano, com avaliações regulares e ajustes conforme necessário.

#### 4.2.6. Central de corte

Sugeriu-se inserir uma central de corte no térreo para padronizar modelos de blocos e disponibilizar plano de cortes por pavimento aos colaboradores, de forma que possam preparar o abastecimento para as demandas das semanas posteriores.

#### 4.2.7. Reavaliar horários de funcionamento

Avaliar, em conjunto com o setor de Recursos Humanos, a possibilidade de a equipe da central de massa e os sinaleiros iniciarem a jornada de trabalho mais cedo, para que possam disponibilizar materiais aos bloqueiros por volta de 07h30, de modo a antecipar a produção para o horário pretendido.

### **4.3. Etapa 3: Mudanças realizadas**

Considerando os fatores observados, algumas das propostas mencionadas foram implementadas conforme sugerido, enquanto outras foram adaptadas para aprimorar os processos internos da empresa. Nesse contexto, abaixo apresentam-se as propostas executadas.

#### 4.3.1. Acompanhamento da produção

Para melhorar o monitoramento da produção, passaram a ser realizadas reuniões diárias, conhecidas como *check-in* e *check-out*. Essas reuniões têm como objetivo um alinhamento com os encarregados para coletar informações sobre a produção do dia anterior, discutir as atividades planejadas para o dia atual e identificar quaisquer possíveis obstáculos para a produção do dia seguinte. A quantidade produzida é registrada em um quadro, semelhante ao que se vê na Figura 20.

Figura 20 - Quadro *Check-In* e *Check-Out*

**EXECUÇÃO DE ALVENARIA**

EQUIPE \_\_\_\_\_

SEMANA: \_\_\_\_\_ LÍDER: \_\_\_\_\_

PAVIMENTO:	META
	120 m <sup>2</sup> por dia Ciclo: 8 dias

QNTD ACUMULADA ANTERIOR	

DATAS	
INÍCIO	TÉRMINO

MONITORAMENTO DAS METAS SEMANAIS					
150					
140					
130					
120					
110					
100					
90					
80					
70					
60					
50					
40					
30					
20					
10					
0					

DIA DA SEMANA  
CICLO INCLUI GRAUTEAMNTO E POSICIONAMENTO DE LAJE

CAUSA RAIZ					
Chuva					
Problemas transporte vertical					
Falta de material					
Falta de equipamento					
Falta de pessoal					
Outro					

Fonte: Arquivo da Empresa (2024)

Além do preenchimento deste quadro, os motivos que dificultaram a produção desejada no dia são registrados em outro quadro, para destacá-los e priorizar a resolução do problema. Como exemplo desses obstáculos tem-se a falta de materiais e até mesmo a escassez de pessoal.

#### 4.3.2. Movimentação excessiva fora do pavimento

Para reduzir a movimentação desnecessária fora do pavimento, foram alinhados os sinaleiros e estabelecidos pontos de armazenamento para os materiais. Isso garantiu um armazenamento correto e organizado, sem prejudicar a produtividade dos serviços de assentamento de blocos e atividades correlatas. As Figuras 21 e 22 retratam os novos locais de armazenamento da obra.

Figura 21 - Armazenamento de lajes



Fonte: Autor (2024)

Figura 22 - Armazenamento de Ardósias e Vergas



Fonte: Autor (2024)

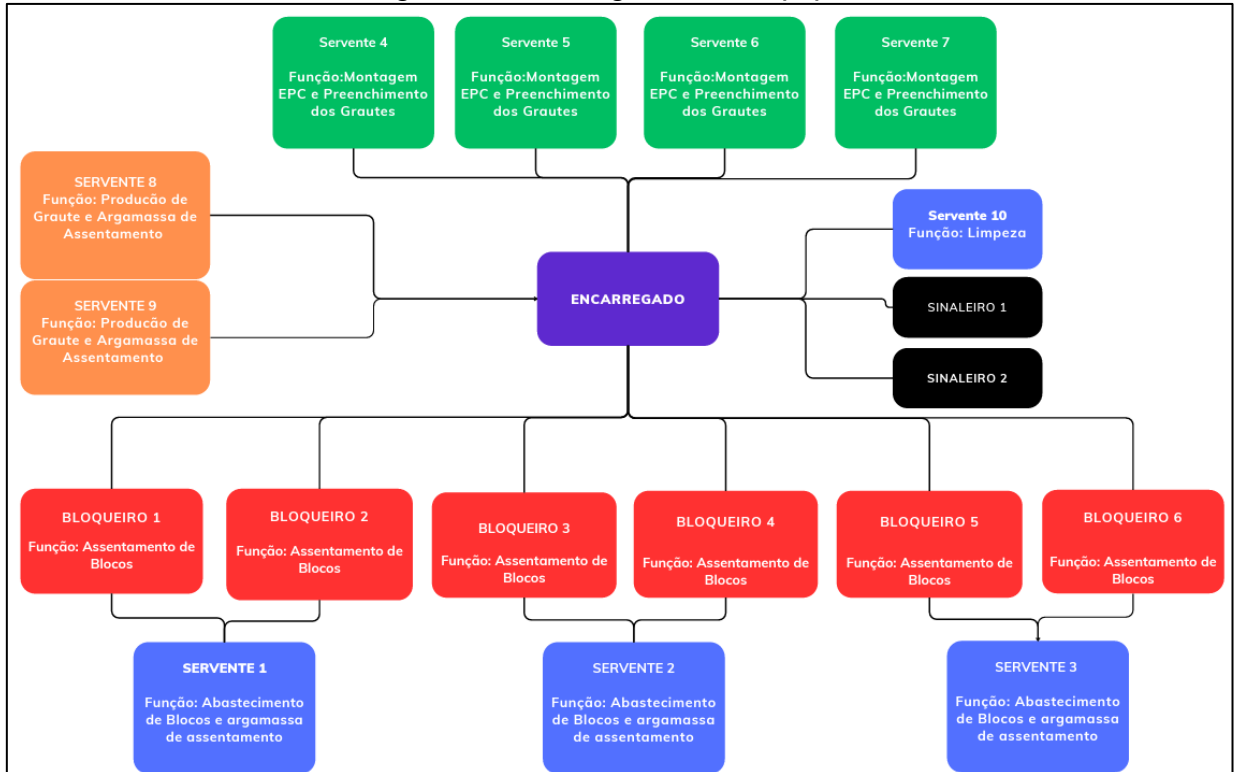
#### 4.3.3. Treinamento de 5S

Um dos pontos fundamentais às melhorias visadas foi a realização do treinamento 5S com os encarregados. O objetivo era a capacitação e maximização da eficiência e organização no local de trabalho. Assim, ocorreram treinamentos abrangentes sobre classificação, organização, limpeza, padronização e disciplina.



Na mesma ocasião, também foram definidas equipes por cargos e funções, e classificadas as atividades conforme o fluxograma da Figura 23.

Figura 23 - Fluxograma da equipe



Fonte: Autor (2024)

#### 4.3.4. Transporte de blocos e falta de organização dos materiais e equipamentos no pavimento

Para otimizar o transporte de blocos, foram adotadas duas medidas relevantes. Primeiramente, foram adquiridos dois carrinhos (Figura 24) dedicados exclusivamente a esse propósito, uma vez que, frequentemente, os serventes precisavam se deslocar repetidas vezes para buscar blocos, muitas vezes em pares, mas com apenas um carrinho, resultando em um desperdício significativo de tempo.

Figura 24 - Carrinho de blocos



Fonte: Autor (2024)

Em segundo, foram configuradas novas disposições dos materiais em áreas onde não ocorrem atividades específicas (Figura 25), para uma reorganização mais eficiente da argamassa e dos blocos utilizados na execução das paredes. Ao posicionar esses materiais próximos aos trabalhadores responsáveis pela alvenaria, reduziu-se drasticamente a necessidade de deslocamento tanto para os serventes quanto para os bloqueiros. A movimentação se tornou restrita apenas a itens pontuais que não puderam ser alocados nos espaços previamente designados.

Figura 25 - Disposição dos materiais

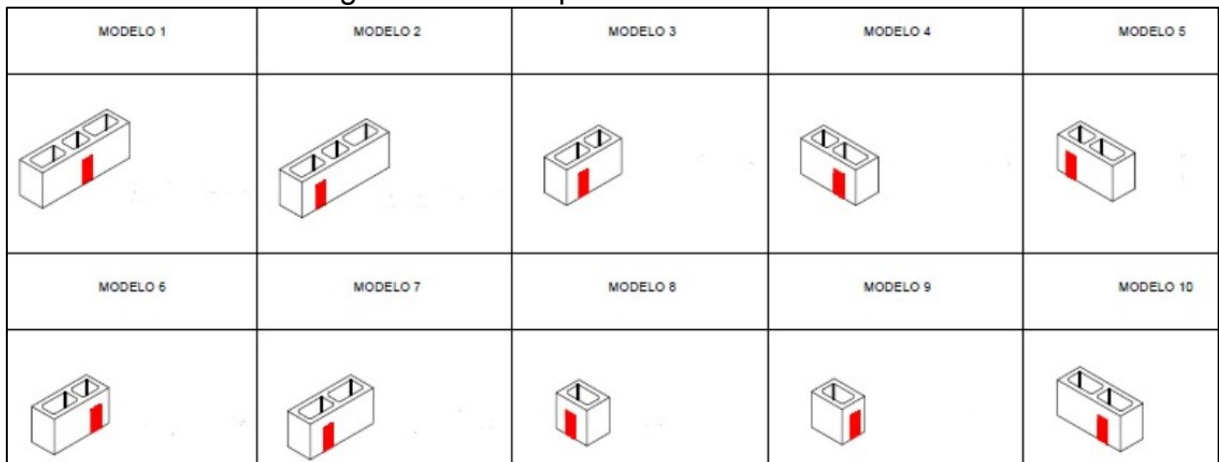


Fonte: Autor (2024)

#### 4.3.5. Blocos cortados

Na proposta, foi sugerido implementar uma central de corte no térreo, com cortes e quantidades predefinidas para controle do funcionário encarregado da execução do serviço. No entanto, visando manter o dimensionamento da equipe, foi estabelecido um acordo com a empresa fornecedora de blocos para que o material fosse entregue cortado já pela fábrica, conforme exemplificado na Figura 26. Dessa forma, foi possível reduzir mão de obra e a geração de entulhos resultante do corte dos blocos no local da obra. O anexo A demonstra a quantidade de blocos utilizados por pavimento e suas especificações técnicas.

Figura 26 - Exemplos de cortes de blocos



Fonte: Arquivo da empresa (2024)

#### 4.4. Etapa 4: Resultados obtidos com a implementação das melhorias

Durante o período observado após a implementação das melhorias, concluiu-se que em 64,95% do tempo analisado foi dedicado às atividades que geram valor, enquanto 35,05% foram consumidos por desperdícios necessários e 8,25% por desperdícios evidentes. A Tabela 3 demonstra as atividades com mais tempo despendido, classificadas de acordo com o tipo de desperdício.

Tabela 3 – Análise de desperdícios

Atividade	Tipo de atividade	Tempo	Tempo (%)
Execução alvenaria	Agrega Valor	12:14:09	51,00%
Desceu a escada e ficou fora do campo de visão	Movimentação	01:28:34	6,15%
Montando e Desmontando EPC	Auxiliar	00:51:25	3,57%
Organização de materiais / limpeza	Auxiliar	02:27:49	10,27%
Grauteamento	Agrega Valor	01:35:08	6,61%
Transportando blocos	Auxiliar	00:50:59	3,54%
Cortando blocos	Transporte	01:05:05	4,52%
Aguardando massa para iniciar	Espera	00:30:29	2,12%
Colocação dos ferros pontos de graute escadaria e 1ª fiada	Agrega Valor	01:05:49	4,57%
Colocação de verga portas	Agrega Valor	00:39:51	2,77%
Procurando algo	Movimentação	00:30:18	2,10%
Análise de projeto	Agrega Valor	00:39:51	2,77%

Fonte: Autor (2024)

Observa-se que, em comparação com o momento anterior à implementação das melhorias decorrentes da aplicação do *Lean Construction*, os resultados obtidos revelam um avanço significativo na eficiência operacional, indicando um tempo consideravelmente maior dedicado às atividades que agregam valor e a redução de desperdícios. A metodologia, portanto, demonstra cumprir com seus objetivos no setor da construção civil.

## 5. CONCLUSÃO

Através da análise detalhada das rotinas e desperdícios na execução da alvenaria estrutural, foi possível identificar diversos pontos críticos que impactam diretamente a produtividade e a eficiência da equipe de produção. Inicialmente, observou-se que uma média de 21% dos colaboradores estava envolvida em atividades que não agregam valor, como retrabalhos e esperas, e cerca de 36% dedicavam seu tempo a atividades com desperdícios ocultos, como movimentação e transporte desnecessário de materiais.

A implementação das propostas de melhoria, como a reestruturação da logística de abastecimento, a adoção de um sistema de acompanhamento da produção com gestão visual e a capacitação das equipes no conceito de 5S, resultou em ganhos expressivos. O tempo dedicado às atividades que geram valor aumentou de 43,65% para 64,95%.

As mudanças realizadas, incluindo a reorganização das áreas de armazenamento e o ajuste dos horários de funcionamento da central de massa, demonstraram ser eficazes na mitigação dos desperdícios identificados. A adoção de novos procedimentos e a padronização das operações contribuíram significativamente para a redução do tempo de ciclo da alvenaria de um pavimento, aproximando-se do objetivo de melhoria contínua da eficiência e produtividade no canteiro de obras.

Em resumo, a abordagem estruturada e analítica para identificar e mitigar os desperdícios resultou em melhorias consideráveis na execução da alvenaria estrutural. A continuidade do monitoramento e a adaptação contínua das práticas serão essenciais para sustentar e aprimorar esses ganhos, promovendo um ambiente de trabalho mais produtivo e organizado.

### 5.1. Sugestões de trabalhos futuros

- Impacto do *Lean Construction* na sustentabilidade das obras;
- Aplicação do *Lean Construction* em diferentes tipos de obras;
- Capacitação e cultura organizacional *Lean*.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, David J. ***Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business***. Washington: Blue Hole Press, 2010.
- ARANTES, Valter S. ***Estratégias para a redução de custos na construção civil***. São Paulo: Blucher, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16868-2. **Gestão de ativos - Parte 2: Diretrizes para a aplicação da ISO 55001**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- CAMACHO, Claudio F. ***Gerenciamento de Projetos na Construção Civil***. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CARVALHEIRO, Carolina S. ***Planejamento e Controle de Obras***. São Paulo: Pini, 2015.
- COÊLHO, Ricardo A. ***Técnicas Avançadas em Construção Civil***. Curitiba: Champagnat, 2008.
- GHINATO, Paulo. ***Gestão da Produção***. São Paulo: Pearson, 2000.
- HENDRY, Arnold W. ***Structural Masonry***. 2ª Edição. Londres: Macmillan, 1990.
- HIRANO, Hiroyuki. ***5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation***. Nova York: Productivity Press, 1995.
- KOSKELA, Lauri. ***An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction***. VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.
- KOSKELA, Lauri. ***Application of the New Production Philosophy to Construction***. Stanford: *Technical report n. 72*, 1992.
- LEAN INSTITUTE BRASIL. **Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System - TPS)**. Disponível em: <https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-%28toyota-production-system---tps%29.aspx>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- MEISTERDRUCKE. Disponível em: <https://www.meisterdrucke.pt/impressoes-artisticas-sofisticadas/Barnes-and-Crosby/1065925/Edif%C3%ADcio-Monadnock,-Chicago,-Illinois,-EUA.html>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- MOHAMAD, Mahmud A. ***Lean Construction: A Critical Examination of its Practical Application***. Londres: Routledge, 2020.

MORATO, Maria L. S.; FERREIRA, Karine A. **Aplicação do Value Stream Mapping na construção civil: uma revisão sistemática da literatura**. Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2022.

NASCIMENTO, João P. **Inovação na Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

RAMALHO, Francisco G.; CORRÊA, Carlos Henrique L. **Gestão da cadeia de suprimentos: integrando processos com os fornecedores**. São Paulo: Atlas, 2003.

RIOGA, Claudiano L.; CAMPOS, Isadora L. D. A.; GUIMARÃES, Irce F. G. **Impactos da Implementação da Metodologia Lean Construction no Brasil**. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 9, n. 16, p. 06-25, 2021. Disponível em: <https://ufpr.br>. Acesso em: 8 jun. 2024.

RODRIGUES, Maria V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo, Sistema de Produção Lean Manufacturing**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SMITH, Ronald C.; HONKALA, T. L.; ANDRES, Cameron K. **Masonry Design Construction**. Virginia: Reston Publishing Company. 1979.

SUA OBRA. **Confira qual traço usar na argamassa para assentamento de blocos**. Disponível em: <https://www.suaobra.com.br/dicas/confira-qual-traco-usar-na-argamassa-para-assentamento-de-blocos>. Acesso em: 14 mai. 2024.

TAUIL, Pedro; NESE, Roberto A. **Práticas Modernas na Construção**. Brasília: UnB, 2010.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. Nova York: Free Press, 1998.



## ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DE CORTE DE BLOCOS

Na sequência apresenta-se os modelos de blocos e as respectivas especificações repassadas à empresa fabricante para otimização do processo executivo de corte de blocos.

KIT CORTES - TOTAL PARA AS DUAS TORRES (A PARTIR DO 2º PAVIMENTO)					
MODELO	12 MPa (UN)	10 MPa (UN)	8 MPa (UN)	6 MPa (UN)	4 MPa (UN)
1	224	224	226	228	234
2	128	128	128	128	130
3	180	180	178	176	192
4	184	184	180	176	192
5	146	140	140	140	174
6	158	156	156	156	162
7	408	392	344	310	408
8	200	200	200	198	198
9	72	72	72	72	72
10	450	432	386	350	442
11	8	8	8	8	8
12	44	44	44	44	42
13	152	136	120	96	100
14	184	186	192	196	198
15	20	20	20	20	20
16	20	20	20	20	20
17	12	12	10	8	8
18	36	36	36	34	34
19	28	28	26	24	24
20	12	12	8	4	4
21	4	4	4	4	4
22	12	10	8	8	8
23	0	0	0	0	2
24	0	0	0	0	48
25	0	0	0	0	2

Fonte: Arquivo da empresa (2024)