

**HORUS FACULDADES
ENGENHARIA CIVIL
CLAUDIR BACKES**

**ANALISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDUSTRIA DE
PRÉ-FABRICADOS SOB A OPTICA DA PRODUÇÃO ENXUTA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PINHALZINHO
2021**

CLAUDIR BACKES

**ANALISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDUSTRIA DE
PRÉ-FABRICADOS SOB A OPTICA DA PRODUÇÃO ENXUTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do curso de Engenharia Civil da Horus Faculdades.

Orientador: Prof. Everton Cesar do Prado


Pinhalzinho

2021

CLAUDIR BACKES

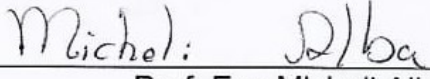
ANALISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDÚSTRIA DE PRÉ
FABRICADOS SOB A OPTICA DA PRÓDUÇÃO ENXUTA.

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi julgada para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, e aprovada em sua forma final pelo curso de Engenharia Civil da Horus Faculdades.

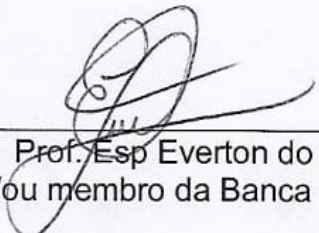


Prof. Esp Micheli Alba
Coordenador do curso de Engenharia Civil
Horus Faculdades

Apresenta à comissão examinadora integrada pelos seguintes professores:



Prof. Esp Micheli Alba
Presidente banca – Horus Faculdades



Prof. Esp Everton do Prado
Orientador e/ou membro da Banca – Horus Faculdades



Prof. Esp Darlan Mantelli
Membro da Banca – Horus Faculdades

RESUMO

BACKES, Claudir. **Análise do processo produtivo de uma indústria de pré-fabricados sob a ótica da produção enxuta.** 2021. Número total de folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil – Horus Faculdades. Pinhalzinho, 2021.

A construção civil é um dos setores de maior impacto na economia global, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Devido a defasagem tecnológica e a falta de investimento em inovação é também um dos setores que mais sofre com a ineficiência de seus processos. A pré-fabricação é uma das formas de melhorar esse cenário e aumentar a eficiência dos processos produtivos. A filosofia de produção enxuta tem como objetivo identificar e eliminar os desperdícios em todas as fases da produção, promovendo a melhoria contínua através da inovação em métodos, técnicas e equipamentos. A união entre sistemas construtivos industrializados e sistemas de produção industrial de alta performance visa trazer para o setor da construção civil os mesmos índices de eficiência que se veem em outros setores da indústria, como por exemplo o setor automotivo.

Palavras-chave: Pré-fabricados. Construção civil. Produção Enxuta. Eficiência.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Notas do critério geração de valor ao cliente	32
Quadro 2: Notas do critério melhoria contínua	32
Quadro 3: Notas do critério envolvimento dos colaboradores	33
Quadro 4: Notas do critério gestão do processo	34
Quadro 5: Notas do critério Qualidade	34
Quadro 6: 5S e Gestão Visual.....	35
Quadro 7: Fluxo de Produção Puxado	36
Quadro 8: Trabalho Padronizado	36
Quadro 9: Manutenção Produtiva Total.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO	7
2. JUSTIFICATIVA	8
3. OBJETIVOS	9
3.1 GERAL	9
3.1 ESPECÍFICOS	9
4. REFERENCIAIS TEÓRICOS	10
4.1 PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO	10
4.1.1 Histórico da pré-fabricação	11
4.1.2 Processo de pré-fabricação	12
4.2 PRODUÇÃO ENXUTA	14
4.2.1 Desperdícios	15
4.2.2 Just in time	17
4.2.3 <i>Kanban</i>	18
4.2.4 Automação	18
4.2.5 Filosofia 5S	19
4.2.6 Implantação da produção enxuta	21
5. METODOLOGIA DA PESQUISA	22
6. ESTUDO DE CASO: INDUSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS	23
6.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	23
6.2 PROCESSO PRODUTIVO	23
6.2.1 Armação	24
6.2.2 Montagem da Fôrma	25
6.2.3 Concretagem	27
6.2.4 Pós Forma	28
6.3 NÍVEL <i>LEAN</i> DA EMPRESA	30
6.4 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO <i>LEAN</i>	37
7 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 9062 (2017) a pré-fabricação trata da execução de elementos de concreto de forma industrializada, em instalações permanentes destinadas para esse fim. O que caracteriza a produção pré-fabricada são: mão de obra treinada e especializada, inspeção e qualificação da matéria prima, controle de produção e qualidade de modo a garantir a conformidade do produto, utilização de máquinas e equipamentos industriais para produção, processo de cura do concreto com temperatura controlada e identificação dos elementos de forma individual ou por lotes.

A produção Lean, também conhecida como Produção Enxuta, representa fazer mais com menos e, ao mesmo tempo, dar aos clientes o que eles querem. DENNIS (2008) destaca a redução de tempo, espaço, esforço humano, maquinaria e material necessários para a produção como o efeito da aplicação de uma filosofia Lean.

A união entre a industrialização da construção civil através da pré-fabricação com a adoção de ferramentas da produção enxuta tem o potencial de aumentar significativamente os níveis de qualidade e produtividade do setor da construção civil.

Este trabalho apresenta uma avaliação do processo produtivo de uma indústria de pré-fabricados sob os conceitos da produção enxuta, buscando identificar boas praticas e apontar oportunidades de melhoria no método produtivo, no tratamento com as partes envolvidas e na gestão da produção de modo geral.

2. JUSTIFICATIVA

A construção civil é um dos setores de maior impacto na economia global, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Devido a defasagem tecnológica e a falta de investimento em inovação, é também um dos setores que mais sofre com a ineficiência de seus processos. Mão de obra sem qualificação, altos índices de desperdício, retrabalho, baixa qualidade, atrasos no cronograma e falta de segurança no trabalho, são só alguns dos problemas que podem ser observados em grande parte das construções. desta forma é necessário buscar soluções para esses problemas.

A pré-fabricação é uma das formas de melhorar o cenário da construção civil e aumentar a eficiência dos processos construtivos. A moldagem dos elementos que fazem parte da obra em uma fábrica permite que se tenha um processo produtivo mais controlado, sem tanta interferência de intempéries, com um ambiente organizado e seguro, equipamentos e ferramentas adequadas e um controle de qualidade mais eficaz, que visa identificar e corrigir falhas bem como eliminar suas causas.

A filosofia da produção enxuta tem como objetivo aumentar a eficiência dos processos produtivos identificando e eliminando desperdícios em todas as fases da produção e promovendo a melhoria contínua através da inovação em métodos, técnicas e equipamentos. A promoção de uma cultura de produção enxuta em uma indústria de pré-fabricados é fundamental para se garantir o atendimento dos prazos, a qualidade e a economia de uma obra.

A relevância deste trabalho se dá em função da necessidade de se otimizar o processo produtivo da construção civil, aumentando a atratividade dos sistemas pré-fabricados e mostrando que o sistema pode atingir níveis de eficiência elevados através da abordagem enxuta, assim como acontece em outros setores da manufatura.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Este trabalho tem como objetivo analisar o processo produtivo de uma indústria de pré-fabricados sob a ótica da produção enxuta, avaliando a aplicabilidade das ferramentas *Lean* de modo a promover a melhoria contínua do processo aumentando a produtividade e reduzindo desperdícios.

3.1 ESPECÍFICOS

Analisar o estado atual da fábrica descrevendo o fluxo de produção ao longo do processo produtivo.

Identificar o nível de conhecimento dos colaboradores sobre os conceitos da produção enxuta.

Avaliar quais metodologias de implantação Lean são mais adequadas a realidade da organização.

Apontar oportunidades de melhoria no processo produtivo pela análise do nível de desenvolvimento dos atributos da produção enxuta na organização

4. REFERENCIAIS TEÓRICOS

4.1 PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Segundo a ABNT NBR 9062 (2017) a pré-fabricação trata da execução de elementos de concreto de forma industrializada, em instalações permanentes destinadas para esse fim. O que caracteriza a produção pré-fabricada são: mão de obra treinada e especializada, inspeção e qualificação da matéria prima, controle de produção e qualidade de modo a garantir a conformidade do produto, utilização de máquinas e equipamentos industriais para produção, processo de cura do concreto com temperatura controlada e identificação dos elementos de forma individual ou por lotes.

A utilização de sistemas pré-fabricados em edificações apresenta diversas vantagens em relação ao sistema convencional de moldagem *in loco*. De acordo com Van Acker (2002), o uso do concreto pré-moldado está amplamente relacionado a uma forma de construir econômica, segura e versátil. A indústria busca atender as demandas da sociedade como: economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e sustentabilidade.

Algumas das vantagens apontadas por Van Acker (2002) são:

- Transferir o trabalho realizado nos canteiros de obra para fábricas modernas, onde é possível a implementação de processos de produção mais eficientes e racionais, com trabalhadores especializados, repetição de tarefas e controle de qualidade.
- Otimização do uso de materiais, por meio de equipamentos modernos e procedimentos cuidadosos, como por exemplo, o corte e dobra do aço a partir de rolos ou carretéis que evitam a geração de sobras como ocorre nas convencionais barras retas de 12 metros. A dosagem de concreto em centrais, com o uso de aditivos e adições para se conseguir características específicas para cada aplicação, é outro fator que permite atingir desempenhos melhores com economia de recursos.
- Redução do tempo de execução da obra. A atual demanda por um rápido retorno do investimento e a crescente complexidade dos projetos, torna cada vez mais inviáveis os métodos convencionais.
- Os trabalhos na fábrica podem continuar mesmo em situações

climáticas adversas, fator que muitas vezes obrigaria os trabalhos no canteiro de obra parar.

- A garantia de qualidade no processo produtivo, através de um sistema que envolve procedimentos padronizados, instruções de trabalho, inspeção regular, testes e inspeção da matéria prima.
- Menor impacto ambiental graças a otimização do uso de materiais, redução do consumo de energia, diminuição do desperdício e reciclagem dos resíduos.

4.1.1 Histórico da pré-fabricação

De acordo com Vasconcellos (2002), a pré-moldagem de elementos se iniciou desde o surgimento do concreto armado, mesmo antes da execução de estruturas com concretagem no local. No Brasil, a primeira grande obra a utilizar elementos pré-moldados foi o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, executado em 1926 pela empresa dinamarquesa Chirtiani-Nielsen.

Na década de 1950, em São Paulo, a Construtora Mauá, especializada em construções industriais, executou diversos galpões pré-moldados no próprio canteiro de obras, em alguns casos foi utilizado o método de executar as peças deitadas umas sobre as outras, separadas por papel parafinado, dessa forma se faziam pilhas de até 10 peças, economizando tempo e espaço no canteiro de obras (VASCONSELOS, 2002).

Salas (1988) *apud* Sirtoli (2015) define a utilização dos pré-fabricados em três etapas:

- De 1950 a 1970, quando houve a necessidade de se construir diversos edifícios devido a devastação da guerra, tanto habitacionais, escolas, hospitais e indústrias. Nessa época se construíram edificações com elementos padronizados num sistema de produção fechado, o que criou um estigma associado a pré-fabricação de rigidez arquitetônica e falta de flexibilidade
- De 1970 a 1980 ocorreram alguns acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados, o que causou uma rejeição social a esse tipo de edificação, além de uma revisão dos processos construtivos, causando o declínio dos sistemas pré-fabricados de ciclo fechado de produção
- Pós 1980, com a demolição de grandes conjuntos habitacionais, em

virtude da rejeição social e a deterioração funcional desse modelo. E pela consolidação de uma nova pré-fabricação de ciclo aberto, a base de elementos padronizados, que poderiam ser associados com produtos de fabricantes diversos.

Sirtoli (2015) destaca que os sistemas pré-fabricados se identificam com a história da industrialização a partir da evolução das máquinas e ferramentas para produção de bens. Esse desenvolvimento não está ligado apenas aos processos de fabricação, mas também aos meios de transporte, montagem, inspeção e controle, e ao impacto ambiental causado por esses processos.

4.1.2 Processo de pré-fabricação

O processo de execução dos pré-fabricados pode, segundo El Debs (2017), ser subdividido em três fases: atividades preliminares, execução propriamente dita, e atividades posteriores

As atividades preliminares incluem armazenamento das matérias primas, dosagem e mistura do concreto, preparo da armadura (corte, dobra e montagem) e transporte dos materiais até a área de moldagem. A execução propriamente dita consiste no preparo da forma (limpeza aplicação de desmoldante) colocação da armadura, montagem de peças complementares (como insertos metálicos e chumbadores), fechamento da fôrma e aplicação de pré-tração, quando for o caso (EL DEBS, 2017).

Ainda na fase de execução é realizada a concretagem do elemento, com o lançamento e adensamento do concreto, além dos acabamentos necessários, seguidos do processo de cura, onde o elemento fica na fôrma até atingir a resistência adequada. Posteriormente faz-se a desmoldagem, que consiste na liberação da força de protensão quando for o caso e retirada da peça da forma. As atividades posteriores incluem transporte interno dos elementos na fábrica, inspeção, tratamentos finais, eventuais reparos, e armazenamento até o envio para a obra (EL DEBS, 2017).

A armação, segundo Sirtoli (2015), consiste na preparação das armaduras descritas em projeto, desde o corte e dobra das barras longitudinais e estribos, até a montagem da armadura. É fundamental que as dimensões estejam em conformidade com o projeto para evitar cobrimentos menores que os especificados. El Debs (2017) acrescenta que a montagem da armadura é realizada sobre

bancadas adequadas a este fim, pode ser feita a amarração com arrame recozido, ou soldagem, o que garante uma maior produtividade.

Após a montagem, a armadura é levada para a fôrma (previamente limpa e untada com desmoldante). É realizada a fixação de elementos adicionais, como insertos e chumbadores e verificado o correto posicionamento da armadura. São utilizados espaçadores para garantir seu correto cobrimento de concreto. Por fim é feito o travamento da fôrma, para evitar qualquer movimentação durante a concretagem (EL DEBS, 2017).

As fôrmas, geralmente são metálicas, de modo a favorecer a repetição dos elementos, e proporcionar melhor acabamento as peças. Os cuidados com a manutenção, limpeza, e precisão na instalação da fôrma (prumo, nível, alinhamento), devem ser redobrados, uma vez que qualquer imperfeição fica marcada no concreto (SIRTOLI, 2015).

A concretagem, compreende a dosagem, lançamento, adensamento, cura e acabamento do concreto. Tendo em vista que o pré-moldado normalmente é utilizado de modo aparente nas obras, toda imperfeição estética deve ser evitada. O adensamento do concreto implica na qualidade do elemento e na produtividade do processo, a cura consiste em garantir um índice de umidade e temperatura ideal para que se possam desenvolver as reações de hidratação da pasta de cimento. A peça deve estar protegida da incidência do sol e de correntes de vento (SIRTOLI, 2015).

Após atingir a resistência necessária, a peça é retirada da fôrma, onde se devem tomar os devidos cuidados para evitar danificar a peça, utilizando-se de espumas ou outro material que possa amortecer possíveis impactos (SIRTOLI, 2015).

Por último, no processo de acabamento, são feitos os reparos de imperfeições que possam ter ocorrido, como fissuras, bolhas ou bicheiras, são feitas as estucagens com uso de argamassa e o caldeamento com pasta fluida para tornar as superfícies mais homogêneas após os reparos (SIRTOLI, 2015).

4.2 PRODUÇÃO ENXUTA

A Produção Enxuta, representa fazer mais com menos e, ao mesmo tempo, dar aos clientes o que eles querem. Dennis (2008) destaca a redução de tempo, espaço, esforço humano, maquinaria e material necessários para a produção como o efeito da aplicação de uma filosofia Lean.

O sistema nasceu na montadora japonesa Toyota Motor Company, na década de 1950, nessa época tanto o Japão quanto a Toyota estavam em crise, o que levou o engenheiro Eiji Toyoda a visitar a fábrica Rouge da Ford em Detroit, considerada na época o maior e mais eficiente complexo manufatureiro do mundo (DENNIS, 2008).

Voltando ao Japão, e com a ajuda de Taiichi Ohno, chegaram à conclusão de que o sistema de produção em massa não funcionaria perante os desafios que a Toyota enfrentava, entre eles (DENNIS, 2008):

- Mercado interno pequeno que demandava pequenas quantidades de uma grande variedade de veículos.
- Economia devastada pela guerra, o que impedia um grande investimento em tecnologia.
- Competição com várias fabricas de automóveis já estabelecidas e querendo ingressar no mercado japonês.

Frente a essas dificuldades, uma serie de práticas inovadoras foi sendo implantada no processo produtivo, o que culminou no que ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção.

Womack e Jones (1998) *apud* Ferreira (2006) propõe o que chamam de princípios da produção enxuta:

a) Valor: trata-se das características que o produto deve ter para atender as necessidades do cliente e do que o cliente está disposto a pagar, tais como: flexibilidade, custo, tempo de entrega e qualidade.

b) Cadeia de Valor: todas as etapas do processo produtivo, desde a materia prima até a entrega do produto ao cliente. Dentro da cadeia de valor ocorrem três tipos de atividade que devem ser reconhecidas: atividades que agregam valor ao produto, atividades que não agregam valor, mas que não podem ser evitadas e atividades que não agregam valor e podem ser eliminadas do processo.

c) Trabalho em fluxo: significa estar sempre focado no objetivo de criar valor para as etapas subsequentes da cadeia produtiva, de forma que as atividades fluam sem interrupções. Para isso as etapas precisam ter maior interação entre si, comunicando suas reais necessidades as etapas anteriores.

d) Produção puxada: a produção deve ter início só quando houver a demanda pelo cliente e não antes. Deve-se reduzir o tamanho dos lotes e simplificar a programação da produção.

e) Melhoria contínua: a perfeição deve ser buscada em toda a cadeia produtiva, melhorando gradativamente todos os princípios anteriores. A organização deve fornecer as ferramentas e a forma de pensar sistêmica para criar aprendizado organizacional em todos os níveis.

De acordo com Ohno (1997) a base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação dos desperdícios. Os dois pilares de sustentação do sistema são o Just in Time e a Autonomiação.

4.2.1 Desperdícios

Desperdício é qualquer atividade dentro de um processo produtivo que não agrega valor ao produto. Ele pode ser classificado em sete categorias:

Superprodução significa produzir demais ou produzir com antes do tempo necessário, é o tipo de perda mais danosa para a organização, pois tem a propriedade de esconder as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada. Está ligada a problemas no processo produtivo como a produção em grandes lotes para minimizar o tempo de preparação dos equipamentos, o risco da ocorrência de problemas de qualidade e defeitos em máquinas levando a produção de estoques de segurança e a falha de comunicação entre a demanda e a produção em termos de tempo e quantidade (MENEGON *et al*, 2003).

Em um sistema *Just in Time*, adiantar-se ao cronograma é considerado pior do que atrasar. Produzir a mais ou antes do necessário, resulta em desperdício: consumo de matéria prima, desperdício de pessoal, água e energia, necessidade de espaço adicional para armazenamento, além de transporte e custos administrativos extras (IMAI, 2014).

O desperdício por estoque está ligado ao custo em se manter estoques de matéria prima e material em processamento desnecessariamente (DENNIS, 2008).

Santos e Zangiacomo (2017) destacam que a redução gradativa dos estoques expõe outros tipos de perdas que estavam ocultos, como, por exemplo, a ineficiência dos processos e a falta de sincronia entre os processos.

O Retrabalho está ligado a produção de produtos defeituosos. Quando se lida com sistemas de produção em massa, muitos produtos podem acabar sendo produzidos antes que o defeito seja notado. Os produtos defeituosos precisam ser descartados ou corrigidos, gerando grande desperdício de recursos e esforço. Mudanças de projeto também podem causar retrabalho (IMAI, 2014).

Quando uma pessoa precisa caminhar de um posto de trabalho ao outro, levantar ou carregar um objeto pesado, se abaixar ou se esticar para alcançar um item, além de estar desperdiçando tempo, gera um risco ergonômico que pode afetar a saúde e segurança do trabalho, isso configura-se como desperdício por movimentação desnecessária (DENNIS, 2008).

O Superprocessamento é definido como a execução de atividades desnecessárias que comprometem o bom desempenho do processo como por exemplo a utilização de máquinas e equipamentos de maneira inadequada, ou a realização de esforços redundantes (REZENDE *et al*, 2015)

As perdas por Espera acontecem quando o operador fica em espera por causa de problemas na linha de produção, falta de peças, tempo de parada de máquina ou quando o operador está apenas observando a máquina enquanto ela realiza a atividade (IMAI, 2014).

Transporte: apesar de ser uma parte essencial das operações o transporte não agrega valor, além de ser um dos principais fatores causadores de danos ao produto (IMAI, 2014). É causado em grande parte pelo leiaute ineficiente no local de trabalho, e pela produção em grandes lotes, obrigando o seu transporte de um local ao outro repetidas vezes (DENNIS, 2008).

Dennis (2008) destaca ainda um oitavo tipo de desperdício que chama de conhecimento sem ligação, o qual trata da falta de comunicação dentro de uma empresa, ou entre a empresa e seus clientes e fornecedores. A falta de comunicação inibe o fluxo de conhecimento, ideias e criatividade, criando frustração e a perda de oportunidades.

4.2.2 Just in time

O conceito de *Just-in-Time* (JIT) quer dizer que, em um processo de fluxo, os materiais necessários para a fabricação chegam à linha de montagem quando são necessários e na quantidade exata. O principal objetivo desse fluxo é chegar ao estoque zero dentro do processo (OHNO, 1997).

Para se entender a ideia central do JIT é preciso entender as diferenças entre produção puxada e produção empurrada:

Segundo Imai (2014), no sistema de produção empurrada cada processo se preocupa em produzir a quantidade máxima de unidades que é capaz e as envia para o processo seguinte, independente de este processo precisar ou não daquele item. Isso parte do raciocínio de que o processo deve produzir o máximo possível como garantia para o caso de alguma instabilidade na produção. Para Dennis (2008) essa prática aumenta os níveis de estoque dentro do processo, criando todo tipo de desperdícios.

A produção puxada por outro lado, se baseia nas necessidades imediatas do processo seguinte para definir o que será produzido. Puxar a produção significa que não se devem produzir bens ou serviços sem que o processo seguinte tenha solicitado. Comumente se utilizam ferramentas visuais simples para garantir o fluxo puxado, o chamado quadro *kanban* (DENNIS, 2008).

Dennis (2008) aponta algumas das vantagens do sistema de produção puxado:

- Redução no tempo de ciclo: pela eliminação do tempo de espera que o produto passa entre um processo e outro
- Reduz a despesa com a operação: pela redução dos estoques de matéria prima e produtos em processo
- Melhoria da qualidade: os defeitos não são reproduzidos em grandes lotes de peças
- Melhora na segurança e ergonomia: volumes mais leves e em menor quantia geram menos manuseio e transporte de cargas.

4.2.3 Kanban

O *kanban* é uma ferramenta visual usada para gerir a produção *Just in time*, trata-se de uma autorização para produzir ou parar de produzir determinada peça. Pode aparecer em vários formatos diferentes, como um cartão ou sinal luminoso em um painel de controle de produção, uma caixa vazia com capacidade para uma quantidade específica de peças ou um espaço aberto na área de produção que indica que alguém retirou um produto que precisa ser repostado (DENNIS, 2008).

De acordo com Ohno (1997), a ideia do *kanban* partiu dos supermercados americanos. O supermercado é onde o cliente pode obter um produto, no momento e na quantidade que é necessária. No momento que o produto é retirado da prateleira os operadores devem garantir a reposição do produto. Dessa forma, em uma indústria, o processo final (cliente) vai até o processo antecessor (supermercado) para retirar as peças que necessita no momento e quantidade certa. O fornecedor imediatamente produz a quantidade de peças que foi retirada, reabastecendo o estoque.

4.2.4 Automação

De acordo com Dennis (2008) sistemas de produção puxados se tornam impossíveis quando altos índices de defeitos obrigam a linha de produção a parar com frequência. Dessa forma as equipes são encorajadas a identificar problemas e a relatá-los para que sejam tratados imediatamente e em sua origem.

Para Silva (2002), tanto as máquinas quanto as pessoas devem estar preparados para interromperem o fluxo assim que uma anormalidade for percebida, essa prática apresenta as seguintes vantagens:

- Impedir o desperdício pela produção de itens defeituosos;
- Identificar as causas dos problemas;
- Eliminar a necessidade de os operadores ficarem monitorando a máquina, deixando-os livres para outras tarefas.

Ohno (1997) define Automação como “dar inteligência a máquina”. Em função da alta capacidade de produção das máquinas, qualquer pequena anormalidade pode acabar danificando a máquina, ou produzindo uma grande quantidade de peças defeituosas. Por esse motivo, a introdução, nas máquinas, de

dispositivos que podem distinguir entre condições normais e anormais de trabalho, é importante para impedir a produção de defeitos.

Ao mesmo tempo, não é necessário um operador enquanto a máquina está em funcionamento, apenas quando ela apresenta algum defeito é que recebe atenção humana. Dessa forma um mesmo operador pode atender diversas máquinas ao mesmo tempo, aumentando a eficiência da produção (OHNO, 1997).

4.2.5 Filosofia 5S

Os cinco S (5S) são a essência da organização do local de trabalho, sendo considerados por Imai (2014) o primeiro passo para a promoção da melhoria contínua.

Para Campos *et al* [20--], muitas vezes o 5S é visto como uma faxina e as organizações não percebem sua real abrangência. O autor destaca que a ferramenta explora três dimensões básicas: a dimensão física (layout), a dimensão intelectual (realização das tarefas) e a dimensão social (relacionamentos interpessoais e ações cotidianas). Dessa forma a principal contribuição do 5S na organização está na mudança de valores que a sua aplicação pode causar.

Ainda segundo o autor os 5S são derivados de palavras japonesas que começam com a letra “s”, que resumem alguns dos princípios da organização, são eles:

- *SEIRI*: senso de utilização, arrumação, organização, seleção
- *SEITON*: senso de ordenação, sistematização, classificação;
- *SEISO*: senso de limpeza, zelo;
- *SEIKETSU*: senso de asseio, higiene, saúde, integridade;
- *SHITSUKE*: senso de autodisciplina, educação, compromisso.

Oliveira (2018), define que o objetivo do senso de utilização (*SEIRI*) é separar o que realmente é necessário do que não é, e manter no local de trabalho apenas o que vai ser utilizado para executar uma atividade. Imai (2014) descreve a “campanha da etiqueta vermelha”, onde todos os itens não necessários à atividade são etiquetados, essa medida tem como objetivo criar um impacto visual, mostrando aos colaboradores e gestores a quantidade de material desnecessário que é disposta na linha de produção.

O Senso de utilização, quando aplicado libera espaço na frente de trabalho, o que também elimina riscos para a segurança como tropeços, quedas além pontas e cantos onde alguém pode se machucar. Além disso a eliminação de itens desnecessários economiza um tempo precioso que antes era gasto na gestão de estoques (DENNIS, 2008).

Após separar os itens necessários dos não necessários, é importante organizar os materiais a serem utilizados na linha de produção conforme seu local de uso. Cada item deve estar próximo ao seu local de uso, de modo a ficar acessível quando for preciso, e ao mesmo tempo sem atrapalhar o fluxo de atividades. Essas são as premissas do senso de ordenação (*Seiton*) segundo Oliveira (2018).

Imai (2014) destaca a criação de mecanismos que garantam a implantação do *Seiton* como estabelecer nome, endereço e volume próprios para cada item. Sugere ainda as marcações no chão, paredes e estações de trabalho, para designar a posição a ser ocupada por cada ferramenta, bens em processamento, suprimentos ou matéria prima. Os corredores também devem ser demarcados com tinta e devem permanecer totalmente desobstruídos.

O senso de limpeza (*Seiso*) destaca, segundo Imai (2014) a importância da limpeza e do zelo pelo local de trabalho, a maioria das avarias em máquinas começa com parafusos soltos, introdução de poeira e partículas estranhas, e lubrificação inadequada, de modo que um operador que limpa a máquina pode encontrar diversos defeitos e impedir que eles se agravem. Dennis (2008) afirma ainda o benefício da limpeza na moral da equipe, com a criação de um ambiente de trabalho limpo, seguro e saudável, além da criação de uma cultura de responsabilidade pela manutenção do ambiente de trabalho.

Seiketsu ou senso de asseio, higiene, saúde e integridade, significa manter o colaborador limpo e seguro por meio do uso de roupas de trabalho adequadas, óculos, luvas e calçados de segurança, além da manutenção de um ambiente de trabalho limpo e organizado (IMAI, 2014).

Oliveira (2018) define o *Seiketsu* como um conjunto de regras e padrões que conduzem ao bem-estar e asseio no trabalho. Trata-se da confecção de procedimentos padrão para que qualquer pessoa seja capaz de identificar algo fora do lugar, ou em quantidade inadequada. São esses padrões que ajudam a manter os 3 S anteriores.

Por fim, o S5, *Shitsuke* ou senso de autodisciplina, para Dennis (2008),

significa a manutenção das atividades de 5s por meio de mecanismos de controle e avaliação. Para o autor, o enraizamento da filosofia na organização depende da promoção, comunicação e treinamento dos colaboradores. Como forma de promover o 5s o autor propõe:

- Quadros informativos mostrando os alvos de melhoria, fotos do estado anterior e atual.
- Reconhecimento, através de premiação, das equipes que se destacam na atividade 5s;
- Concursos de *slogans* como forma de promover o envolvimento da equipe;
- Grupo 5s central, composto por um membro de cada área de operação da fábrica.

4.2.6 Implantação da produção enxuta

Segundo Rother e Shook (2013) o caminho para implementação da produção enxuta tende a ser mais árduo do que deveria. Isso acontece porque as organizações estão focadas em atacar diretamente problemas pontuais dentro dos seus processos, como as atividades de eliminação de desperdícios. Esses exercícios melhoram uma pequena parte do processo, fazendo com que a produção flua de forma mais efetiva por ele, mas logo a seguir o fluxo chega a outro ponto de parada, cheio de estoques, desvios e desperdícios.

Portanto, o primeiro passo para o desenvolvimento da produção enxuta é o Mapa de Fluxo de Valor (MFV). Através dele é possível identificar onde estão as maiores oportunidades do processo. (SCHAFFER, 2016).

Rother e Shook (2013) descrevem que para iniciar a elaboração do mapa de fluxo de valor, primeiro é preciso identificar a família de produtos que será mapeada. Família é um grupo de produtos que passa por etapas semelhantes de processamento e utiliza equipamentos comuns em seus processos. Para desenhar o MFV, primeiramente se percorre o processo rapidamente para compreender o fluxo e a sequência de processos, depois volta-se para reunir informações específicas em cada processo. O autor recomenda começar pela expedição final e depois para processos anteriores, assim, inicia-se pelos processos que estão mais conectados com o consumidor.

5. METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho apresenta-se como um estudo de caso, onde busca-se aplicar os conhecimentos adquiridos para solucionar problemas reais do objeto da pesquisa.

Inicialmente é realizado o levantamento bibliográfico do tema e a conceituação dos principais tópicos relevantes a aplicação.

Na segunda fase é feita a coleta de dados, por meio de pesquisa de opinião dos colaboradores de diversas áreas da empresa, buscando avaliar seu nível de familiaridade com os conceitos da produção enxuta e sua opinião sobre o desenvolvimento de seus atributos dentro da organização.

Essa pesquisa é baseada em formulário desenvolvido por VARGAS (2015), (em anexo) segundo o qual existem hoje poucos métodos para avaliar de forma holística a implementação do pensamento *lean* nas organizações, sendo necessária uma forma de avaliação que permita validar a estratégia de implementação a ser adotada.

O questionário foi aplicado ao corpo de líderes da fábrica em estudo, envolvendo coordenadores de equipe, encarregados de produção e auxiliares técnicos, são membros que conhecem a fundo o processo produtivo tendo alguns mais de dez anos de experiência e participantes ativos da gestão da fábrica.

As respostas ao questionário e sua avaliação junto aos dirigentes da empresa nortearão a elaboração de uma agenda de prioridades, onde busca-se discriminar as oportunidades de melhoria identificadas em ordem de prioridade.

Por fim, a partir das oportunidades de melhoria identificadas sugerem-se planos de ação a serem postos em prática para o desenvolvimento da metodologia *lean* na organização.

6. ESTUDO DE CASO: INDUSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS

6.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A indústria iniciou suas atividades no oeste de Santa Catarina desde o ano de 1993 com a fabricação de postes de concreto para redes de distribuição de energia, além de palanques vigotes e estruturas para pequenos barracões.

Posteriormente iniciou a produção de pré-fabricados para obras maiores como indústrias, ginásios, edifícios residenciais e comerciais. Com o tempo passou a construir obras de maior complexidade tecnológica, com emprego de lajes alveolares e vigas protendidas, para supermercados, edifícios e indústrias.

A planta industrial conta hoje com barracão coberto para produção dos pré-fabricados, extenso pátio para estocagem e central de concreto própria.

6.2 PROCESSO PRODUTIVO

O processo de fabricação de elementos pré-moldados pode ser dividido em macro e micro processos, o macro processo é o que define a divisão das equipes e dos setores de trabalho da fábrica, conforme representado no fluxograma abaixo:

Figura 1: Macrofluxo do processo de pré-fabricação



FONTE: Autoria própria (2021)

Cada etapa é responsável pela execução de uma parte do produto, entregando para o processo seguinte, onde é realizado um novo processamento até a total conclusão do elemento pré-moldado.

Para cada elemento, um detalhamento específico é repassado pelo setor de engenharia, onde estão desenhadas as especificações geométricas da peça, os detalhes da armadura em aço, bem como a posição de insertos metálicos e outros

elementos exclusivos que podem ser embutidos no concreto.

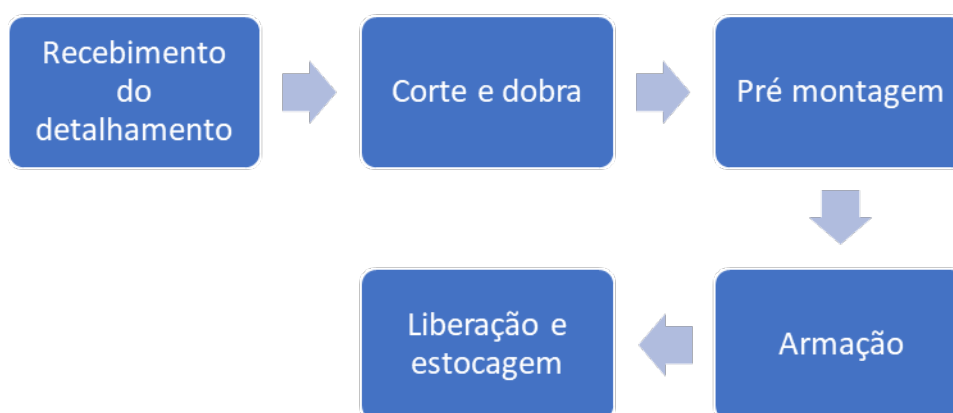
Dentro de cada etapa, ocorrem subdivisões do trabalho e tarefas específicas são realizadas.

6.2.1 Armação

O processo de armação é onde são preparadas as estruturas de aço, que compõem o “esqueleto” do elemento pré-moldado, para cada elemento é executada uma armadura específica, com as dimensões e posicionamento das barras de aço variando conforme é descrito no projeto. Critérios rígidos de tolerâncias são adotados para garantir o cumprimento dos requisitos de projeto de cada peça.

A subdivisão das atividades ocorre conforme as estações de trabalho do setor seguindo o fluxograma abaixo:

Figura 2: Etapas do Processo de Armação



FONTE: Autoria própria (2021)

A matéria prima (aço) é recebida em duas formas possíveis: em carretéis contínuos para diâmetros de barra entre 4,2 e 12,5 mm, ou em barras de 12 metros, para diâmetros maiores, indo de 16 a 25 mm.

O detalhamento do elemento pré-moldado é recebido da engenharia, e quando entra em produção, é repassado para a estação de corte e dobra, que é responsável por conformar as barras de aço conforme o especificado.

Para isso os carretéis são levados para as máquinas estribadeiras, (aço 8 e aço 12) que fazem o endireitamento das barras que vem em rolo e sua dobra e corte, nos tamanhos programados. Elementos de dimensões maiores, e com diâmetros de barras maiores de 16 milímetros são dobrados em uma dobradeira mecânica.

A pré-montagem é uma etapa que visa agilizar e automatizar parte do processo de armação, os estribos¹, previamente dobrados na estribadeira, são soldados por máquina de solda por indução (ponteadeira), formando o esqueleto da peça. No caso de painéis e elementos em placa, são utilizadas malhas prontas, que só precisam ser recortadas nos tamanhos específicos.

Por fim, na etapa de armação, os esqueletos pré-montados são unidos aos elementos principais da armadura, utilizando-se de amarração com arrame recozido ou soldagem com solda *mig*. Terminada a montagem da armadura é realizada a conferência e pesagem da mesma, após o que é armazenada até seu encaminhamento para as fôrmas.

6.2.2 Montagem da Fôrma

A definição do processo de montagem da fôrma se dá em função de vários fatores, a velocidade de execução depende da previsão de montagem da obra, podendo então ser estabelecido a necessidade de se produzir uma ou mais peças do mesmo tipo por dia.

A geometria, o tamanho e o tempo de preparação, vão definir qual a forma que será utilizada para cada peça a ser produzida. As formas são divididas em: formas metálicas ajustáveis e não ajustáveis e formas mistas de metal e madeira.

As formas metálicas ajustáveis são compostas de estrutura e molde de aço, e tem suas dimensões (largura, altura e comprimento) ajustáveis conforme a peça a ser produzida. São as mais comuns para a produção de vigas, painéis e pilares lisos², tanto pela facilidade de montagem, precisão dimensional e qualidade estética da peça, além da facilidade de mudança das dimensões a serem executadas, o que confere maior flexibilidade a produção (FIGURA 9).

As formas metálicas não ajustáveis tem seu formato da seção transversal

¹ Elemento de aço usado para unir as barras de aço e dar forma a armadura de um elemento de concreto armado

fixo, e as variações podem ser feitas apenas no sentido do comprimento da peça. São comuns para produção de postes, vigas T e placas de contenção (FIGURA 10).

As formas mistas são compostas por moldes em madeirite³ e estrutura em aço que é travada através de parafusos ou fixadores magnéticos. São formas de execução mais demorada, que precisam de um serviço especializado em carpintaria. Além disso sua durabilidade é menor e a precisão dimensional e acabamento dependem de cuidado extra durante a sua montagem. Por conta da sua alta flexibilidade, podem ser executados qualquer formato de peça, que em formas metálicas exigiriam adaptações muito mais demoradas e trabalhosas. São utilizadas para fabricação de pilares com muitos consoles, escadas, e outras peças de pouca repetição, quando o custo de uma forma metálica específica para elas se torne inviável (FIGURA 11)

O processo de montagem da forma acontece de maneira cíclica, sendo repetido geralmente em intervalo de um dia, conforme figura abaixo:

Figura 3: Ciclo de montagem da fôrma



FONTE: Autoria própria (2021)

² Pilar liso: pilar sem consoles ou variações geométricas, geralmente em seção retangular

³ Madeirite: painéis de madeira compensada e plastificada

Uma vez definida a fôrma em que a peça será executada, inicia-se o processo pela retirada da peça produzida anteriormente naquela fôrma (se for o caso), a limpeza dos resíduos de concreto, são feitos os devidos ajustes da fôrma para a nova peça e depois a lubrificação com desmoldante, então é colocada a armadura e efetuada a fixação dos insertos e chumbadores na armadura. Por fim é feito o fechamento e travamento da fôrma, após o que um auxiliar técnico realiza a conferência geral da geometria, armadura e insertos. Estando todos os itens conformes a peça é liberada para a concretagem.

Após o processo de concretagem, que termina quando o concreto atinge a resistência definida, é feita a abertura e retirada da peça da fôrma, iniciando-se um novo ciclo de montagem.

6.2.3 Concretagem

Após a liberação da fôrma inicia-se o processo de concretagem, que é detalhado na figura 4:

Figura 4: Processo de concretagem



FONTE: Autoria própria (2021)

O pedido do concreto é feito com base no volume de cada peça, à medida que as peças vão sendo liberadas para a concretagem, seu volume é adicionado ao pedido, até atingir o volume limite do caminhão. É importante se manter um controle preciso de quais peças são concretadas em cada carga, para fins de rastreabilidade

do concreto.

O concreto, dosado em central, chega a fabrica em caminhão betoneira, é descarregado em containers metálicos com abertura na parte inferior (funil), de onde é transportado, com o auxílio de pontes rolantes até a fôrma.

É importante garantir a fluidez adequada ao concreto para seu lançamento, para se reduzir ao máximo a necessidade de vibração e garantir o melhor acabamento da superfície da peça, evitando-se o surgimento de bolhas de ar.

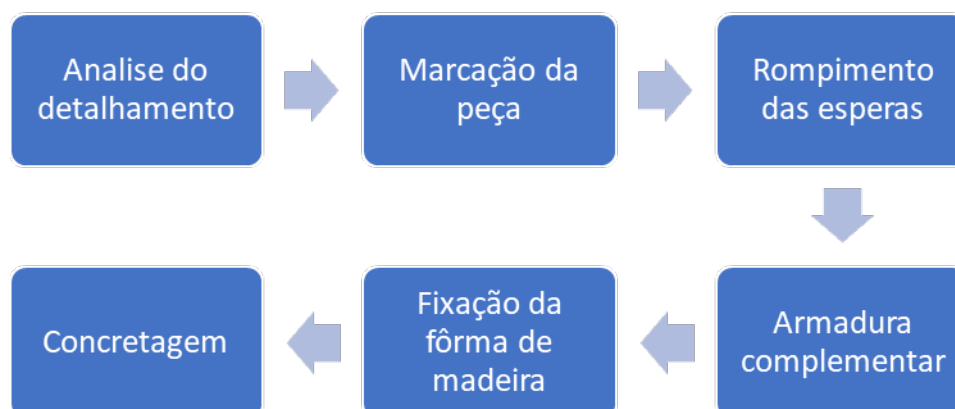
Após o lançamento do concreto inicia-se a etapa de acabamento. De tempos em tempos é realizado o alisamento da superfície do concreto com desempeno metálico, de modo a atingir a melhor uniformidade do mesmo, depois de atingir o ponto ideal de queima da superfície, a peça é coberta com lona plástica ou manta geotêxtil para reduzir a perda de água por evaporação e a incidência de sol e vento, evitando o surgimento de fissuras no concreto.

Depois de concretadas as peças ficam na fôrma até atingir a resistência mínima para que sejam movidas, essa resistência é definida de acordo com as características da peça, podendo ser maior ou menor com base na geometria, esbeltez, peso ou presença de armadura ativa (protensão).

6.2.4 Pós Forma

Após a desfôrma, a peça é transportada até o setor de acabamento, onde são realizados os serviços finais de fôrmas complementares e correções estéticas na peça.

Muitas vezes, não é possível completar toda a geometria da peça nas fôrmas metálicas existentes, ou o custo e tempo para adaptação da mesma é muito elevado, nessas situações opta-se pela colocação de esperas ou nichos de EPS na peça, para posterior moldagem dos complementos. Esse processo segue a seguinte sequência, conforme figura 5:

Figura 5: Processo de execução de fôrmas adicionais

FONTE: Autoria própria (2021)

A partir da análise do detalhamento, verifica-se a posição dos complementos a serem executados, fazendo-se a marcação dos pontos a serem rompidos. É importante observar a posição em que a peça foi fabricada, pois peças semelhantes podem ter os consoles em posições contrárias, possibilitando erros na execução das formas adicionais.

No rompimento das esperas são removidos o concreto e o material de preenchimento (EPS) deixado no local do complemento, tomando-se o cuidado de deixar a superfície perfeitamente limpa e rugosa para permitir a melhor aderência do novo concreto que será complementado. Também é importante deixar um espaço adequado para que o novo concreto preencha totalmente os vazios da fôrma.

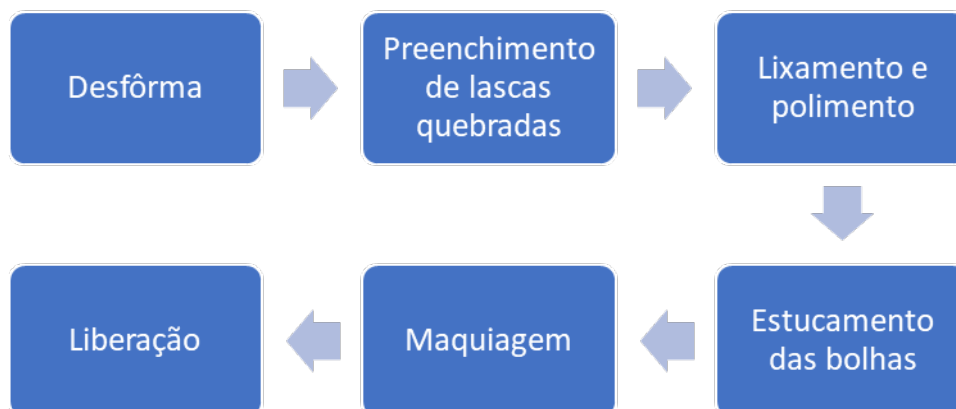
A preparação da armadura para os consoles é feita no próprio local, as ferragens inseridas no concreto são endireitadas e posicionadas e as ferragens adicionais são providenciadas na estação de corte e dobra do setor de armadura. Após a fixação da armadura (normalmente com solda elétrica) as formas adicionais em madeira são posicionadas e travadas na peça.

Após concluída a fixação das fôrmas dos consoles, a peça é concretada ainda no mesmo dia, para que no dia seguinte possa ser desformada e se inicie o processo de acabamento.

No acabamento, são corrigidas todas as imperfeições que a peça possa apresentar, é feito inicialmente o reparo de cantos e lascas quebradas durante o

manuseio, depois o lixamento das rebarbas e quinas da peça, a estucagem de bolhas de ar que ficaram do processo de concretagem e por fim a aplicação de nata de cimento na superfície, nas partes que foram lixadas.

Figura 6: Processo de acabamento



FONTE: Autoria própria (2021)

A figura 6 mostra a sequência da etapa de acabamento do pré-moldado. Antes de ser levada para a área de estocagem é realizada a conferência, tanto dimensional quanto estética da peça, para garantir que ela seja enviada para a obra em perfeitas condições de qualidade.

Uma vez terminadas as peças de pré-moldado são estocadas até o início da montagem da obra, o estoque pode ser internamente no próprio pátio da empresa ou no canteiro de obras se houver local adequado para isso. Tendo em vista que a montagem do pré-fabricado na obra acontece em velocidade maior que a fabricação se tem a necessidade de iniciar a pré-fabricação com bastante antecedência em relação a data de início da montagem. Por conta disso é preciso que se mantenha uma área de estocagem grande e bem organizada.

6.3 NÍVEL *LEAN* DA EMPRESA

A análise do nível de efetividade da organização na produção enxuta se baseia em alguns critérios: foco na geração de valor para o cliente, melhoria contínua, envolvimento dos colaboradores, gestão do processo, qualidade, 5s e

gestão visual, fluxo de produção puxada, padronização do trabalho, redução de setup, manutenção produtiva total e relação com os fornecedores.

Foi aplicado um questionário a colaboradores de diversas áreas com a intenção de colher opiniões variadas a respeito das práticas adotadas pela empresa e avaliar sua disseminação na organização. Os resultados da pesquisa podem ser observados no gráfico abaixo:

Figura 7: Notas gerais dos critérios Lean



FONTE: Autoria própria (2021)

O nível de atendimento aos critérios da produção enxuta ficou entre 2,5 e 3,5 pontos, o que leva a constatação de que o sistema tem muito a ser aprimorado, principalmente nos quesitos envolvimento dos colaboradores, gestão do processo, trabalho padronizado e manutenção produtiva total, que são os critérios com as menores pontuações.

Os atributos pesquisados foram classificados primeiramente de acordo com a média das notas recebidas e posteriormente organizados de modo a nortear a elaboração de planos de ação de melhorias.

No critério geração de valor ao cliente as notas médias obtidas ficaram entre 3,0 e 4,5, é o critério com a melhor avaliação, conforme quadro 1 abaixo:

Quadro 1: Notas do critério geração de valor ao cliente

São efetuadas regularmente pesquisas de satisfação do cliente	3,00
São analisados os resultados da pesquisa de satisfação do cliente	3,13
Existe um plano de ação para implementação de melhorias sugeridas pelo cliente	3,13
É dado feedback ao cliente sobre o cumprimento das oportunidades de melhorias identificadas por ele	3,13
Os resultados da pesquisa de satisfação são bons	3,25
Os colaboradores são informados sobre as oportunidades de melhoria identificadas pelo cliente	3,75
A empresa tem capacidade de adaptação as mudanças de necessidades e expectativas do cliente	4,13
Estão claramente identificados os clientes de cada atividade e quais são suas necessidades	4,50

FONTE: Autoria própria (2021)

Nota-se que a média para os atributos referentes a pesquisa de satisfação do cliente ficaram mais baixas, o que pode significar, ou a não realização das pesquisas de forma regular, ou a falta na divulgação das mesmas em todos os setores da empresa.

O critério melhoria contínua obteve a segunda melhor nota geral, ficando abaixo da média apenas no requisito de identificação e quantificação dos desperdícios, as reuniões periódicas também tem uma nota média que deve ser melhorada visto que esse é um atributo crítico para todo o processo. O quadro 2 apresenta os resultados desse critério:

Quadro 2: Notas do critério melhoria contínua

Estão identificadas e quantificadas as categorias de desperdícios críticos e são implantadas formas de eliminá-las	2,63
Ocorrem reuniões regulares de melhoria envolvendo membros de várias áreas do fluxo de valor	3,25
Os colaboradores estão fortemente empenhados e comprometidos com a empresa	3,38
As atividades de melhoria estão alinhadas aos indicadores estratégicos da empresa	3,38
A alta gestão reconhece o programa de melhoria continua como parte da gestão estratégica da organização	3,75
A empresa disponibiliza os meios necessários a implementação das ações de melhoria continua	3,75
As lideranças estão comprometidas e dão suporte aos colaboradores nas atividades de melhoria	3,88

FONTE: Autoria própria (2021)

Em se tratando do envolvimento dos colaboradores, como pode ser visto no quadro 3, houve grande variação de nota entre os atributos, por um lado os colaboradores tem grande autonomia nos esforços de melhoria e para parar a linha de produção em caso de problemas, além de não serem penalizados por erros no processo.

Por outro lado, a promoção de crescimento profissional fica abaixo da expectativa, ferramentas e conceitos Lean são desconhecidos pela maioria, não há um sistema de rotação de funções que permita o aprendizado do colaborador em mais de uma função e programas de reconhecimento por desempenho são escassos ou inexistentes.

Quadro 3: Notas do critério envolvimento dos colaboradores

Os colaboradores recebem formação em ferramentas e metodologia Lean, inclusive em métodos de resolução de problemas	1,88
A empresa promove um sistema de rotação de funções	2,13
Os colaboradores recebem algum tipo de reconhecimento pela participação ativa em atividades de melhoria continua	2,25
Os colaboradores recebem formação funcional transversal e possuem competências em diversas tarefas	3,13
Os colaboradores tem autonomia e lideram esforços de melhoria em processos e produtos	3,63
A empresa promove a cultura de não penalização do erro	3,75
Os colaboradores tem autonomia para parar a produção em caso de problemas ou solicitar ajuda quando algum desvio é identificado	4,13

FONTE: Autoria própria (2021)

A pior avaliação da pesquisa foi o critério gestão do processo com média geral de 2,5, as notas de cada atributo estão descritas no quadro 4.

Destacam-se a falta de mecanismos de medição e controle do processo produtivo, a elaboração dos mapas de fluxo de valor atual e a criação de planos estratégicos de médio e longo prazo a nível de chão de fábrica. Os indicadores de desempenho não apresentam melhora de forma sustentada.

Outro fator a ser desenvolvido é a matriz de competência do colaborador, descrevendo suas habilidades mais bem desenvolvidas e aquelas que devem ser trabalhadas. A matriz de competências é o que vai embasar o desenvolvimento da matriz de flexibilidade operacional, que visa criar planos de contingência para situações de indisponibilidade de mão de obra em atividades específicas

Quadro 4: Notas do critério gestão do processo

Os mapas de estado atual e futuro são elaborados de forma participativa	2,13
Existe uma matriz de flexibilidade operacional que contempla backups para todas as atividades	2,25
Existem mapas com o estado atual e futuro para todos os processos ou famílias de produtos	2,38
Existem planos de ação para implementação do estado futuro dos processos, com responsabilidades e prazos definidos	2,38
Existe uma matriz de competências por colaborador	2,38
Existem evidências de que os indicadores de desempenho melhoram de forma sustentada	2,50
Estão claramente identificados os fornecedores e clientes de cada processo	3,63

FONTE: Autoria própria (2021)

No critério qualidade, como pode ser visto no quadro 5, as notas médias dos atributos ficaram todas em nível regular, pode-se destacar como oportunidade de melhoria a geração de indicadores mais detalhados e atualizados com o intuito de evidenciar a evolução da qualidade ao longo do tempo. A manutenção de registros históricos também auxilia na resolução de problemas e no desenvolvimento do processo.

Quadro 5: Notas do critério Qualidade

Os indicadores de qualidade (reclamações, não conformidades, sucata, defeitos, retrabalhos) são monitorados e atualizados mensalmente	2,50
Todos os processos possuem dispositivos para prevenir ou detectar anomalias (poka-yoke)	3,13
Os processos estão sobre controle e possuem baixa variabilidade e esta é reduzida continuamente	3,25
Problemas recorrentes são resolvidos com base na análise da causa raiz	3,25
Os indicadores de qualidade cumprem com os objetivos e expectativas dos clientes	3,50
Existe um baixo índice de retrabalhos e os produtos satisfazem as expectativas dos clientes	3,50

FONTE: Autoria própria (2021)

O quadro 6 apresenta os resultados do critério 5s e gestão visual, onde ocorre uma variação considerável nas notas individuais de cada atributo. Os itens críticos são justamente os relacionados a realização e divulgação de resultados de inspeções regulares de 5s, que é um fator essencial para alavancar a melhoria do ambiente de trabalho de modo geral.

Quadros apresentando indicadores, controle de produção, informações de segurança e organização também podem ser melhor utilizados no ambiente da fábrica.

Quadro 6: 5S e Gestão Visual

Os resultados das inspeções 5s são divulgados e expostos	1,63
São efetuadas inspeções 5s regulares e são implementadas ações corretivas	1,75
Existem painéis indicando o status de cada posto de trabalho e de estoque	2,38
Existe um quadro de gestão a vista em local bem visível e com todas as informações atualizadas	2,50
Todas as ferramentas estão organizadas de forma que se sabe o local correto dela	3,38
Existem dispositivos visuais que permitem identificar a distribuição do trabalho e as prioridades de produção	3,50
Existem dispositivos de informação visual para comunicação e prevenção de riscos em todas as células produtivas (sinalização de solo, placas sobre EPIs, entre outros)	3,50
Os produtos e materiais encontram-se identificados e no local adequado	3,63
O ambiente de trabalho encontra-se limpo, organizado e seguro	3,88

FONTE: Autoria própria (2021)

No critério produção puxada (quadro 7) percebe-se primeiramente a variabilidade do volume de produção, através da introdução de produtos de última hora, que exigem a quebra do ritmo de produção para mudar o foco para outra coisa. Quadros de controle e monitoramento de produção, que permitam que o planejamento da produção seja visível a todos os envolvidos também não são muito utilizados.

Outra oportunidade de melhoria que pode ser explorada é o balanceamento dos processos, fazer com que todas as etapas do processo produzam no mesmo ritmo, e apenas aquilo que será utilizado pela etapa seguinte, eliminando ou minimizando ao máximo os estoques intermediários de produtos inacabados.

A classificação das famílias de produtos e a otimização do layout por família apresentam notas acima de regulares, mesmo assim não se devem descartar possíveis ajustes de layout.

Quadro 7: Fluxo de Produção Puxado

Não existem variações grandes e rápidas de volumes de produção devido, por exemplo a introdução de emergências de produção	2,29
São utilizados kanbans de produção com quadros e sinalizações para controlá-los	2,29
Cada etapa do processo produz, no tempo e na quantidade corretas, apenas o que é necessário para a etapa seguinte	2,71
Não existem estoques intermediários de material/peças em processamento	2,86
Existe nivelamento entre as etapas de produção (todas elas produzem no mesmo ritmo)	2,86
As famílias de produtos e os processos determinam o layout	3,57
Os produtos são classificados por grupos com requisitos de processos semelhantes	4,14

FONTE: A autoria própria (2021)

A quadro 8, apresenta as notas do critério trabalho padronizado que obteve a segunda média mais baixa, como principal ação de melhoria a ser tomada, pode-se citar a elaboração e atualização das instruções de trabalho para cada área do processo, de forma participativa, envolvendo todos os colaboradores da área para darem suas opiniões sobre o procedimento adequado.

Os estudos de tempos e movimentos são outro fator fundamental para a identificação de oportunidades de melhoria e desenvolvimento do processo. Mensurar quanto tempo leva para a atividade ser executada, quanto tempo é gasto com movimentação de materiais, busca de ferramentas e esperas ajuda a avaliar a economia que pode ser gerada por uma maior eficiência do processo.

Quadro 8: Trabalho Padronizado

Os colaboradores participam ativamente da elaboração dos procedimentos e instruções de trabalho de forma a incorporar suas experiências	2,29
Auditorias periódicas de Instruções de trabalho	2,29
Melhorias e ações de eliminação de desperdícios encontram-se refletidas nas instruções de trabalho	2,57
Estudos de tempos e movimentos foram concluídos em 100% dos processos	2,57
Junto a cada posto de trabalho existem instruções claras e ilustrativas de como fazer, e todos os colaboradores são familiarizados com elas	2,86
Todos os processos/ produtos encontram-se documentados através de normas ou instruções de trabalho, descrevendo procedimentos, tempos, movimentos e resultados esperados	3,29

FONTE: A autoria própria (2021)

Sobre manutenção produtiva total (quadro 9), todas os atributos avaliados apresentaram notas abaixo da média, principalmente em se tratando de registros das manutenções realizadas, histórico de defeitos e causas de paradas.

Outro fator crítico no processo de manutenção é a participação ativa dos operadores de máquina, os quais devem estar qualificados para identificar anomalias e até realizar manutenções simples e autônomas.

Quadro 9: Manutenção Produtiva Total

Existe um registro de informação sobre a parada de equipamentos com data de ocorrência, tempo de parada e causa raiz do problema	2,00
As causas de ineficiências das máquinas são registradas, priorizadas e ações corretivas são adotadas	2,43
É monitorada a garantia e disponibilidade dos equipamentos de acordo com seu impacto no processo	2,57
Os colaboradores recebem formação para detectarem anomalias nas máquinas e nos equipamentos que operam	2,71
Os colaboradores são capacitados para executarem pequenas operações de manutenção autônoma	2,71
Existem procedimentos para orientar nas atividades de manutenção	2,71
São definidas inspeções periódicas dos equipamentos	2,86
O plano de manutenção é monitorado e cumprido	3,00
Existem registros das atividades de manutenção executadas	3,00
Existe um plano de atividades de manutenção para todos os equipamentos de acordo com a sua classificação de importância	3,00

FONTE: Autoria própria (2021)

6.4 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO LEAN

Com base nos resultados da pesquisa foram ordenados os atributos que merecem atenção especial nos planos de implementação, foram considerados também, nessa priorização, fatores como a precedência de certos atributos sobre outros, a facilidade de execução e o potencial de retorno que a melhoria oferece.

Inicialmente foram priorizados os atributos que impactam diretamente na produtividade do processo, dando foco na elaboração dos mapas de fluxo de valor de cada família de produtos e na atuação de cada equipe de trabalho.

Inicia-se o mapa de fluxo identificando cada etapa do processo, definindo o

passo a passo das tarefas, mensurando o tempo médio de execução dessas tarefas, a quantidade de pessoas envolvidas, a produtividade, quem são os fornecedores e clientes de cada atividade e quais são suas necessidades. Nesse mesmo momento são mensurados os desperdícios da atividade, as não conformidades críticas e os gargalos.

Tendo a informação da situação real do processo, pode-se realizar o planejamento de produção de forma mais assertiva, assim como discutir oportunidades de melhoria e metas a serem atingidas. As melhorias a serem aplicadas devem estar descritas em um mapa do estado futuro que norteie o horizonte que se busca atingir.

Uma vez elaborados o MFV e cronograma de produção, os mesmos devem ser expostos em mural e discutidos em conversas periódicas com a equipe atuante, visando buscar soluções para melhorar o processo produtivo. Nessas conversas, são avaliados os resultados do que foi produzido no período anterior, as metas para os próximos dias e as dificuldades encontradas para o cumprimento das metas, conceitos lean são abordados, como a eliminação de desperdícios, a produção em ritmo contínuo e a tolerância zero aos defeitos.

Nessas mesmas reuniões são elaborados planos de ação para implementação de melhorias e resolução de problemas, onde são definidas datas, metas e responsabilidades para a execução do serviço. Depois de executadas as ações de melhoria, e mensurados os resultados, se os mesmos forem satisfatórios, a equipe envolvida é premiada com a participação em eventos/ treinamentos, realização de viagens ou gratificação em dinheiro.

Na perspectiva de melhorar o ambiente de trabalho e torna-lo mais seguro, organizado e produtivo, ações de adequação do layout podem ser adotadas, para isso, estudos preliminares devem ser realizados, como o estudo dos tempos e movimentos, mapas de caminamento do processo, análise do espaço físico adequado para o volume de produção que deve ser atendido, corredores de segurança, áreas de estocagem, áreas de movimentação de cargas e de trabalho.

Pontos que podem ser observados na adequação do layout envolvem a separação das linhas de produção de acordo com o tipo de peça a ser produzido, por exemplo: pilares vigas e painéis, e dessa forma aproximar uma da outra, as etapas de fabricação de cada produto (armação, fôrma, acabamento).

A aproximação das etapas facilita a gestão uma vez que o controle de

produção pode ser feito em um quadro único, também permite uma melhor comunicação entre cada etapa e seu cliente permitindo que a aprendizagem do processo seja mais rápida. Outro aspecto positivo é a possibilidade de remanejar a mão de obra conforme a necessidade, pois pode ocorrer que uma determinada etapa do processo necessite de mais mão de obra em um momento específico do dia enquanto em outros não. É o que ocorre na concretagem que só ocorre depois que a montagem das formas estiver finalizada.

A adequação do ambiente de trabalho deve ser acompanhada de dispositivos visuais de identificação e organização, visando permitir a visualização de anormalidades, como itens fora de seu lugar correto, espaço inadequado para realização das tarefas, riscos de segurança, entre outros.

Periodicamente auditorias internas devem ser realizadas, para monitorar se a utilização do espaço continua adequada à demanda de produção e se os procedimentos de organização continuam sendo seguidos.

No quesito manutenção produtiva total, devem ser descritos procedimentos de manutenção para todos os equipamentos presentes no processo, o que inclui máquinas, ferramentas elétricas e equipamentos de carga. As fôrmas para concretagem dos pré-moldados também devem ser tratadas como equipamentos que requerem revisões periódicas.

Inspeções regulares devem ser executadas buscando sinais de desgaste, mau uso ou anomalias que podem se agravar com o tempo. Devem ser descritos também procedimentos de manutenção autônoma que serão executados pelos próprios operadores de cada equipamento.

7 CONCLUSÃO

A avaliação do nível de desenvolvimento Lean da organização é um dos fatores primordiais para se iniciar uma jornada de implantação dessa filosofia. Muitas vezes as organizações cometem o erro de iniciar vários projetos de melhoria sem ter o embasamento necessário, sem saber qual o real impacto gerado pelo esforço de melhoria e sem saber se as ações adotadas são realmente adequadas.

Portando, ter uma visão sistêmica de todo o processo, saber quais etapas caminham juntas, quais impactam mais no processo como um todo, e quais são as que mais necessitam de atenção é fundamental para se obter resultados mais efetivos com o esforço de melhoria.

Na empresa estudada notou-se que o critério gestão do processo engloba as atividades prioritárias do desenvolvimento Lean. a correta descrição dos processos, a definição dos mapas de fluxo de valor e a criação de indicadores específicos para cada atividade é o que vai nortear varias das ações da empresa, não apenas do ponto de vista da produção enxuta, mas também do ponto de vista da gestão estratégica da organização.

As proposições de melhoria apresentadas serão discutidas e avaliadas pela direção da empresa e os planos de ação daí provenientes serão postos em pratica, ficando aberta a possibilidade de trabalhos futuros avaliando a efetividade dessas ações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062:2017** – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.

VAN ACKER, Arnold. **Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto**. Tradução Marcelo de Araújo Ferreira. 2003.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Paulo, 2. Ed. 2017.

VASCONSELOS, Augusto Carlos de. **O concreto no Brasil: Pré-fabricação – Monumentos – Fundações**. São Paulo. 2002.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada**. Tradução Rosalia Angelita Neumann Garcia. Porto Alegre. 2 ed. 2008.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. **Industrialização da Construção Civil, Sistemas Pré-fabricados de Concreto e suas Aplicações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2015.

SILVA, Edson Zilio. **Automação e a eliminação das perdas: a base de uma estratégia de produção para assegurar uma posição competitiva na indústria**. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2002.

CAMPOS, Renato *et al.* **A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total**.

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Renato-Campos-3/publication/268011854_A_Ferramenta_5S_e_suas_Implicacoes_na_Gestao_da_Qualidade_Total/links/56b347d508ae3d06a2664086/A-Ferramenta-5S-e-suas-Implicacoes-na-Gestao-da-Qualidade-Total.pdf> .

Acesso em: abril 2021.

OLIVEIRA, Eduardo Henrique de. **Lean Construction: O princípio do Takt**. São Paulo. 2018.

MENEGON, David; NAZARENO, Ricardo Renovato; RENTES, Antonio Freitas. **Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de produção Enxuta**. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 23. Ouro Preto, MG. 2003.

FERREIRA, Cleber Fabricio. **Diretrizes para avaliação dos impactos da produção enxuta sobre as condições de trabalho**. Trabalho de conclusão de curso de mestrado acadêmico – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2006.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício**. São Paulo. Lean Institute Brasil. 2013.

SCHAFFER, Augusto. **Aplicação a metodologia Lean Six Sigma para melhoria de um processo produtivo**. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2016.

SANTOS, Felipe Gomes dos; ZANGIACOMO, Marcelo Chil. **Redução do desperdício nas operações em uma linha de produção de uma indústria automotiva**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa – PR, 2017.

REZENDE, Daiane Maciel; SILVA, Jessica Freitas da; MIRANDA, Sheila Marcela; BARROS, Anderson. **Lean Manufacturing: redução de desperdícios e a padronização do processo**. Disponível em: <<https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/104157.pdf>>. Acesso em: junho 2021.

VARGAS, João Carlos da Palma. **Desenvolvimento de um modelo para avaliar o nível Lean de uma organização**. Dissertação – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal, 2015.